



Secrétariat Compensation, octobre 2018 (version 2.1)

Méthode standard pour apporter la preuve des réductions d'émissions dans le cadre de projets portant sur le gaz de décharge

Annexe G de la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse »

Table des matières

1	Introduction	2
2	Contexte suisse	3
2.1	Bases légales dans le domaine des décharges et des gaz de décharge	3
2.2	Technologies.....	5
2.2.1	Brûlage à la torche ou utilisation du gaz de décharge	6
2.2.2	Captage et traitement du gaz pauvre	7
2.2.3	Aérobisation active	7
2.2.4	Aérobisation passive	8
3	Bases méthodologiques	9
3.1	Sources et documents de base utilisés	9
3.2	Définitions	10
3.3	Domaines d'application et prescriptions relatives à la méthode standard.....	13
4	Preuve des réductions d'émissions dans le cas d'un traitement du gaz pauvre	15
4.1	Marges de fonctionnement du système.....	15
4.2	Paramètres et méthodes de calcul	16
4.2.1	Estimation ex-ante des réductions d'émissions	18
4.2.2	Mesure ex-post des réductions d'émissions	21
4.3	Additionnalité	21
4.4	Suivi	21
4.4.1	Valeurs et facteurs qui ne sont pas mesurés en continu	22
4.4.2	Valeurs devant être mesurées	24
5	Preuve des réductions d'émissions dans le cas d'une aérobisation active couplée ou non à un traitement du gaz pauvre	27
5.1	Marges de fonctionnement du système.....	27
5.2	Paramètres et méthodes de calcul	28
5.2.1	Estimation ex-ante des réductions d'émissions	32
5.2.2	Mesure ex-post des réductions d'émissions	33
5.3	Additionnalité	37
5.4	Suivi	37
5.4.1	Valeurs et facteurs ne devant pas être mesurés en continu	37
5.4.2	Valeurs devant être mesurées	40

1 Introduction

Avec les annexes relatives à des technologies spécifiques, qui complètent la communication intitulée « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse »¹ de l'OFEV en sa qualité d'autorité d'exécution, les requérants disposent de recommandations expliquant la manière dont la preuve des réductions d'émissions obtenues peut être apportée. Dans ces annexes, l'accent est mis sur la possibilité de prouver et de quantifier les réductions d'émissions supplémentaires obtenues par rapport à une évolution de référence. La présente annexe technique, élaborée par un bureau de conseil externe, traite de la preuve des réductions d'émissions devant être apportée dans le cadre de projets portant sur le gaz de décharge².

Lorsqu'un projet portant sur le gaz de décharge n'entre pas dans le champ d'application d'une des méthodes obligatoires visées dans l'ordonnance sur le CO₂ et qu'il satisfait aux exigences du point 3.3 du présent document, les réductions d'émissions imputables peuvent être calculées à l'aide de la méthode standard décrite ci-après. Le requérant est dès lors assuré que la méthode sera acceptée par le Secrétariat Compensation de l'OFEV et de l'OFEN.

Pour une meilleure compréhension de la méthode et au vu des divergences qu'elle présente par rapport aux méthodes MDP appliquées au plan international, un aperçu des particularités du système suisse, tant du point de vue des bases légales que des technologies applicables, est donné au chapitre 2.

Le chapitre 3 contient des informations générales, notamment des définitions et les bases légales qui s'appliquent, ainsi que des explications concernant le domaine d'application de la méthode. Le chapitre 4 décrit la méthode visant à apporter la preuve des réductions d'émissions en cas de traitement du gaz pauvre et le chapitre 5, le mode opératoire lorsqu'une aérobisation active avec ou sans traitement du gaz pauvre est prévue.

¹ Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse. Un module de la Communication de l'OFEV en sa qualité d'autorité d'exécution de l'ordonnance sur le CO₂. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne : <http://www.bafu.admin.ch/UV-1315-F>

² Toutes les informations relatives aux projets (individuels) portant sur des gaz de décharge figurant dans cette méthode standard s'appliquent par analogie aux projets inclus dans des programmes portant sur des gaz de décharge.

2 Contexte suisse

En Suisse, depuis le 1^{er} janvier 2000, tous les déchets combustibles ne pouvant pas être recyclés doivent être incinérés dans des installations de combustion appropriées (interdiction de mise en décharge). De ce fait, les déchets combustibles à teneur élevée en matières organiques (par exemple des ordures ménagères contenant des matières organiques) n'ont, depuis lors, plus été mis en décharge. Les émissions actuelles de méthane des décharges proviennent donc de périodes de mise en décharge antérieures. Selon l'ancienneté de la décharge, une grande partie du carbone dégradé a déjà été dégradé, principalement en conditions anaérobies, en formant du méthane. De par les processus de dégradation, mais aussi grâce aux mesures d'assainissement et aux interventions ultérieures, les émissions de méthane des décharges diminuent continuellement en Suisse³.

Les interventions ultérieures et l'assainissement éventuel des décharges sont régis par une série de bases légales. Différentes technologies, qui sont adaptées au contexte suisse, sont utilisées afin d'éviter la formation d'émissions de méthane. Les conditions-cadres et les technologies applicables sont brièvement décrites ci-après.

2.1 Bases légales dans le domaine des décharges et des gaz de décharge

La mise en décharge des déchets et l'exploitation des décharges contrôlées ainsi que l'assainissement des sites de stockage définitif sont régis par différentes bases légales, dont les principales sont :

- Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (loi sur la protection de l'environnement, **LPE**, RS 814.01), notamment l'art. 30e (autorisation de stockage uniquement dans des décharges contrôlées au bénéfice d'une autorisation) et l'art. 32c ss (assainissement des sites pollués)
- Ordonnance du 26 août 1998 sur l'assainissement des sites pollués (ordonnance sur les sites contaminés, **OSites**, RS 814.680) : l'OSites règle la détermination des besoins de surveillance et d'assainissement d'un site pollué, l'évaluation des buts et de l'urgence de l'assainissement et la détermination des mesures d'investigation, de surveillance et d'assainissement. On évalue conformément à l'OSites, et notamment sur la base des valeurs de concentration des polluants qui y sont listées, si un site contaminé doit être assaini ou surveillé. L'autorité compétente fixe les mesures nécessaires.
L'OSites indique une valeur limite pour la concentration de méthane dans l'air interstitiel. Lorsque cette valeur est dépassée, le site pollué doit être assaini si les émissions dégagées par le site atteignent des endroits dans lesquels des personnes peuvent se trouver régulièrement pendant un certain temps.
- Ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets (**OTD**, RS 814.600) : l'OTD fixe des exigences concernant l'emplacement, l'aménagement, l'exploitation, la fermeture définitive et la surveillance des décharges contrôlées et définit les déchets pouvant être stockés définitivement dans les différents types de décharges. Les décharges dites bioactives sont pertinentes pour les projets portant sur les gaz de décharge. Elles renferment des déchets organiques dont la dégradation génère du méthane et du dioxyde de carbone. Les dispositions relatives aux décharges contrôlées contenues dans l'OTD constituent le fondement sur lequel sont ordonnées des mesures concrètes pour le captage et le traitement des gaz de décharge dans le cadre de l'autorisation délivrée pour une décharge. Ces autorisations sont délivrées par les autorités cantonales.

³ National Inventory of GHG Emissions, Office fédéral de l'environnement (Inventaire national des émissions de gaz à effet de serre) 2013, chap. 8.

Exigences requises en matière de dégazage des décharges

a) Stockage définitif avant l'entrée en vigueur de l'OTD (sites de stockage)

- Le dégazage des décharges n'était pas prescrit avant l'entrée en vigueur de l'OTD.
- Des dégazages étaient éventuellement prévus pour des raisons de sécurité.
- Les décharges peuvent éventuellement avoir été classées comme nécessitant un assainissement ou une surveillance, cette classification pouvant être liée à des mesures de dégazage.

Pertinence pour les projets de compensation : des sites de stockage peuvent faire l'objet de projets de compensation pour autant que les mesures prévues n'aient pas été ordonnées en tant que mesures d'assainissement par les autorités en raison d'un besoin d'assainissement.

b) Décharges contrôlées bioactives au sens de l'OTD

S'agissant des décharges exploitées avant l'entrée en vigueur de l'OTD et dont l'exploitation devait être poursuivie, un délai de transition de trois ans avait été accordé pour satisfaire aux exigences de l'OTD en matière de dégazage (art. 53 OTD).

Les règles suivantes s'appliquent donc pour toutes les décharges encore exploitées actuellement :

- **L'aménagement et l'exploitation** de décharges contrôlées requièrent une autorisation du canton concerné (art. 30e, al. 2, LPE). L'autorisation d'aménager est délivrée si les exigences de l'annexe 2 s'appliquant au dégazage sont, entre autres, remplies (art. 25, al. 1, OTD). Avant de délivrer l'autorisation d'exploiter, l'autorité contrôle notamment les installations de dégazage obligatoires (art. 27, al. 1, OTD).
- **Les exigences s'appliquant au dégazage** des décharges contrôlées sont régies par l'annexe 2, ch. 24, al. 1, OTD selon laquelle les décharges contrôlées bioactives doivent disposer d'installations permettant de capter, d'évacuer, de valoriser ou de traiter de quelque autre façon les gaz de la décharge contrôlée, de manière à garantir le respect des valeurs limites d'émission. Lorsqu'une décharge est aménagée par étapes, les installations de dégazage doivent pouvoir être réglées et contrôlées séparément. L'ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (OPair, RS 814.318.142.1) ne contient pas de valeurs limites d'émission pour le méthane. Dans le rapport explicatif concernant le projet d'OTD (DFI, 1988), il est indiqué, à propos des dispositions relatives au dégazage, que les gaz formés lors de la dégradation de la matière organique (principalement du dioxyde de carbone et du méthane) présentent un risque de sécurité qui doit être pris au sérieux dans les décharges contrôlées bioactives et que les substances à odeur nauséabonde qui s'échappent en même temps que les gaz de décharge peuvent constituer une nuisance olfactive. Les aspects techniques de sécurité doivent donc également être pris en considération (protection contre les explosions, valeurs MAK, etc.).
- Les exigences concrètes s'appliquant au dégazage ont été et seront fixées par les cantons dans les autorisations délivrées aux décharges concernées.
- L'autorisation d'exploiter fixe, entre autres, les **contrôles et les travaux d'entretien** devant être effectués par l'exploitant de la décharge pendant l'exploitation et après sa fermeture définitive. Pendant la durée d'exploitation, les installations de dégazage doivent être contrôlées régulièrement et entretenues périodiquement par le détenteur de la décharge conformément à l'art. 34, let. h, OTD. Ce dernier doit, en outre, faire contrôler régulièrement ces installations par un spécialiste et se faire confirmer par écrit qu'elles fonctionnent correctement ; il doit également faire analyser au moins deux fois par an les gaz de décharge (art. 36 OTD).
- **Le contrôle et la surveillance** des décharges contrôlées bioactives par l'autorité compétente s'effectuent conformément à l'art. 28 OTD. L'autorité compétente doit contrôler au moins deux

fois par an l'exploitation et les installations obligatoires et veiller notamment, après la fermeture définitive, à ce que les gaz de décharge soient contrôlés jusqu'à ce qu'elle estime qu'il est improbable que la décharge puisse encore porter à l'environnement des atteintes nuisibles ou incommodantes, mais pendant quinze ans au moins.

Pertinence pour les projets de compensation : Comme il n'existe pas, au plan national, de valeurs limites axées sur la protection de l'environnement pour les émissions de méthane issues des décharges, les obligations concernant le dégazage des décharges contrôlées bioactives fixées dans l'autorisation d'aménager et d'exploiter sont pertinentes dans le cas de projets de compensation. Les obligations fixées par l'autorité compétente en ce qui concerne la durée du dégazage et la concentration de méthane admise à la surface de la décharge sont donc déterminantes, car c'est sur cette base qu'est déterminée la nature de la technologie à utiliser pour le dégazage. Seules les mesures allant au-delà de ces obligations entrent en ligne de compte en tant que projets de compensation. Par conséquent, les autorisations concernées et les éventuelles autres décisions de l'autorité d'exécution devront obligatoirement être prises en considération au cas par cas.

2.2 Technologies

La dégradation microbienne anaérobie des matières organiques contenues dans les décharges génère ce que l'on appelle du gaz de décharge. La formation et la composition du gaz de décharge dépendent de différents facteurs. La manière dont la stratification est constituée et son épaisseur ainsi que la composition des matières organiques déposées jouent un rôle : la composition du gaz de décharge varie selon les conditions de dégradation microbienne (aérobies/anaérobies), le méthane (CH₄) et le dioxyde de carbone (CO₂) étant les principaux produits de dégradation. Par ailleurs, la quantité et la composition du gaz de décharge varient au cours du temps en suivant différentes phases qui sont fonction du processus de dégradation se déroulant à un moment précis (cf. Figure 1). Ces facteurs varient considérablement, de sorte que les estimations concernant la quantité de gaz qui se forme à un moment donné et en un endroit précis, ainsi que la composition de ce gaz, sont entachées d'une grande incertitude. Ainsi, les différentes phases varient de façon importante d'une décharge à l'autre et plusieurs phases peuvent également se dérouler simultanément dans une même décharge.

Outre ses conséquences sur le climat, le gaz de décharge présente également des facteurs de risque en matière de sécurité. Si le dégazage n'est pas effectué dans les règles, le gaz de décharge peut se concentrer à tel point qu'il présente un danger d'incendie, d'explosion ou d'asphyxie. De plus, le déplacement de l'oxygène contenu dans les couches supérieures de la couverture par les gaz de décharge peut entraîner des dommages à la végétation.

La surveillance et le suivi adéquats des sites de stockage définitif et des décharges contrôlées sont donc d'une importance capitale.

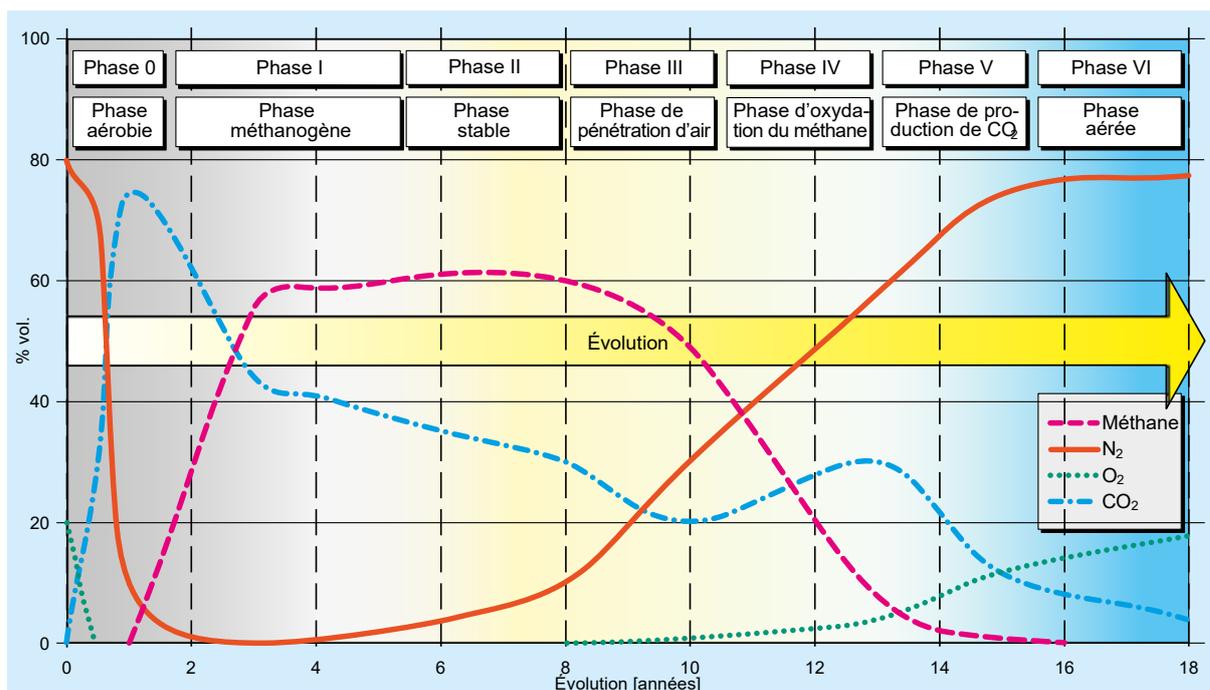


Figure 1 : Évolution de la composition du gaz de décharge au cours du temps. L'échelle du temps doit être considérée comme qualitative. La durée des phases (en années) peut varier considérablement d'une décharge à l'autre. La phase stable (phase II) peut dans certains cas durer plus de 20 ans. Pour plus d'informations concernant l'évolution des phases, voir le lien indiqué dans la note de bas de page⁴. Quelques décharges suisses sont déjà passées de la phase stable aux phases suivantes.

Le principal objet des projets de protection du climat concernant des décharges contrôlées est d'éviter les émissions de méthane. Le méthane a un potentiel de réchauffement planétaire plus élevé que le dioxyde de carbone⁵ et est formé par dégradation microbienne de matières organiques en conditions anaérobies.

Les technologies visant à éviter les émissions de méthane qui entrent en ligne de compte sont donc celles qui transforment le méthane en dioxyde de carbone, gaz ayant une incidence moindre sur le climat.

Dans le contexte suisse, les principales technologies visant à éviter les émissions de méthane sont les suivantes :

- le captage, l'évacuation et le traitement du méthane par combustion (moteur à gaz, turbine à gaz, chaudière ou torche) ou oxydation sans flamme/oxydation non catalytique (cf. 2.2.1 et 2.2.2), et
- l'aérobisation, en d'autres termes l'aération d'une décharge (cf. 2.2.3 et 2.2.4) ; lors de ce processus, le carbone organique est majoritairement transformé directement en dioxyde de carbone et non en méthane.

Ces deux technologies peuvent également être combinées.

2.2.1 Brûlage à la torche ou utilisation du gaz de décharge

Dans la phase méthanogène ou la phase stable, qui sont des phases anaérobies stables, la concentration du méthane dans le gaz de décharge s'établit à environ 40 à 60 % vol., le gaz restant

⁴ http://www.bafu.admin.ch/sicherung_deponien/08358/08361/index.html?lang=fr

⁵ Selon le GIEC, le potentiel de réchauffement planétaire augmente d'un facteur 28 sur une période de 100 ans (cf. Rapport 2013 du GIEC, Groupe de travail I, chapitre 8, tableau 8.7 [en anglais]). Toutefois, pour les calculs effectués dans le cadre de projets de compensation, c'est le facteur de 25 fixé dans l'ordonnance du 30 novembre 2012 sur le CO₂ qui s'applique.

étant principalement du dioxyde de carbone. Avec cette composition, le gaz de décharge brûle sans apport de combustible supplémentaire.

Les possibilités dont on dispose pour valoriser le gaz de décharge, et en particulier le méthane qu'il contient, sont les suivantes :

- production d'électricité et de chaleur dans des moteurs à combustion, des turbines à gaz ou des cellules à combustible ;
- traitement (enrichissement en méthane) et injection dans le réseau de gaz naturel ;
- utilisation en tant que carburant.

Lorsque l'utilisation du gaz de décharge n'est pas rentable ou appropriée, il peut être brûlé à l'aide d'une torche (brûlage à la torche ou torchage). Des torches conventionnelles sont utilisées à cet effet lorsque les teneurs en méthane sont relativement élevées ; pour des teneurs basses, différentes technologies se prêtent à ce que l'on appelle le traitement du gaz pauvre (cf. point suivant).

En Suisse, l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD) interdit, depuis le 1^{er} janvier 2000, la mise en décharge de déchets combustibles. De par la réduction massive des matières organiques stockées, les décharges contrôlées suisses dégagent des volumes de méthane sensiblement plus faibles que les décharges sises à l'étranger. Par conséquent, on n'utilise en général actuellement plus que des torches conventionnelles ou différents traitements du gaz pauvre pour l'oxydation du méthane.

2.2.2 Captage et traitement du gaz pauvre

Dans les décharges anciennes, les quantités de gaz diminuent, de même que la concentration du méthane dans le gaz (gaz pauvre). Lorsque la quantité de gaz aspiré est supérieure à la quantité de gaz de décharge produit naturellement, de l'air extérieur est aspiré dans le corps de la décharge, ce qui entraîne un effet d'aérobisation qui abaisse encore davantage la concentration de méthane. Ce gaz pauvre⁶ ne présente localement aucun risque direct pour l'environnement ; on le laisse donc souvent s'échapper dans l'atmosphère sans être traité. Afin d'éviter l'effet de serre qu'il engendre, le gaz pauvre peut soit être brûlé avec l'apport d'un combustible, soit être oxydé d'une autre manière suivant le pouvoir calorifique du gaz. Les techniques listées ci-après sont principalement utilisées à cet effet :

- torche standard existante modifiée (brûleur modifié et modification de l'apport d'air injecté),
- torche au gaz pauvre,
- brûleur FLOX (FLOX = oxydation sans flamme)
- oxydation non catalytique.

2.2.3 Aérobisation active

Parallèlement au traitement thermique du méthane, il est également possible d'éviter les émissions de méthane par des méthodes d'aération (aérobisation). L'aérobisation consiste généralement à introduire de l'air dans les zones anaérobies de la décharge de manière à induire une dégradation aérobie des matières organiques par les microorganismes présents dans ces zones. Du dioxyde de carbone, dont le potentiel de réchauffement planétaire est considérablement plus faible que celui du méthane, est ainsi formé. Il existe différentes méthodes pour amener l'air, et partant l'oxygène, dans les zones anaérobies de la décharge. Les procédés d'aérobisation active peuvent, en gros, être subdivisés en

⁶ On entend par gaz pauvre, par exemple un mélange gazeux contenant une proportion de méthane inférieure à 25 % vol. (c.-à-d. avec un pouvoir calorifique inférieure à 2,5 kWh/m³, ce qui correspond à 9 MJ/m³).

- techniques de mise en dépression, ou
- procédés en surpression.

Le procédé le plus utilisé en Suisse est la mise en dépression.

En créant une dépression dans le corps de la décharge, l'air extérieur s'écoule au-dessus de la surface de la décharge et s'engouffre dans le corps de celle-ci, ce qui engendre l'effet d'aération souhaité. La transformation biologique des matières organiques en conditions aérobies est accélérée par l'apport d'oxygène.

Un traitement du gaz pauvre restant permet d'assurer que les quantités résiduelles de méthane dans le gaz de décharge aspiré soient détruites.

2.2.4 Aérobisation passive

Lors d'une aération passive (semi-aérobie), un système formé de tubes verticaux et horizontaux perforés, sans équipements pour une aération active ou une suraspiration, est installé. L'air pénètre grâce à la différence entre la température de l'air ambiant et celle régnant dans la décharge, ce qui permet d'obtenir des conditions semi-aérobies dans le corps de la décharge.

La probabilité que cette technologie soit appliquée en Suisse est très faible.

3 Bases méthodologiques

3.1 Sources et documents de base utilisés

Outre la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse »⁷, il s'agit des documents listés ci-après.

Bases légales :

- Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (loi sur la protection de l'environnement, LPE, RS 814.01)
<http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19830267/index.html> (24.03.2014)
- Ordonnance du 30 novembre 2012 sur la réduction des émissions de CO₂ (ordonnance sur le CO₂, RS 641.711)
<http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20120090/index.html> (09.01.2015)
- Ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (OPair, RS 814.318.142.1)
<http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19850321/index.html> (07.07.2014)
- Ordonnance du 26 août 1998 sur l'assainissement des sites pollués (ordonnance sur les sites contaminés, OSites, RS 814.680)
<http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983151/index.html> (24.03.2014)
- Ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets (OTD, RS 814.600)
<http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19900325/201107010000/814.600.pdf> (24.03.2014)

Méthodes MDP⁸ :

- CCNUCCA : Approved baseline and monitoring methodology « Avoidance of landfill gas emissions by in-situ aeration of landfills » (Prévention de la formation d'émissions de gaz de décharge par aération in situ des décharges). AM0083 version 1.0.1
- CCNUCCb : Large-Scale Consolidated Methodology : « Flaring or use of landfill gas » (Brûlage à la torche ou utilisation du gaz de décharge). ACM0001 Version 14.0

Outils méthodologiques MDP⁹ :

- « Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream » (Outil pour la détermination du débit massique d'un gaz à effet de serre dans un flux gazeux)
- « Project emissions from flaring » (Émissions du projet liées au brûlage à la torche)
- « Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site » (Outil pour la détermination des émissions de méthane évitées dans une décharge de déchets solides)
- « Emissions from solid waste disposal sites » (Émissions de sites de décharge de déchets solides)
- « Tool to calculate project or leakage CO₂ emissions from fossil fuel combustion » (Outil pour le calcul des émissions de CO₂ du projet ou des fuites de CO₂ liées à la combustion de combustibles fossiles)
- « Tool to calculate baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption » (Outils pour le calcul des émissions de référence, des émissions du projet et/ou des émissions provenant de fuites liées à la consommation d'électricité)

⁷ Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse. Un module de la Communication de l'OFEV en sa qualité d'autorité d'exécution de l'ordonnance sur le CO₂. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne : <http://www.bafu.admin.ch/UV-1315-F>

⁸ Les versions à jour de ces méthodes peuvent être téléchargées sous : <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/approved/>

⁹ Les versions à jour de ces outils peuvent être téléchargées sous : <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/>

Études :

- Bräcker, W. 2010, Deponieentgasung bei rückläufigen Deponiegasmengen, Abfallwirtschaftsfakten 19 (2010), Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hildesheim.
- Commission européenne 2001 : Waste Management Options and Climate Change : Final Report.
- GIEC 2006 : Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, chapitre 3 : Élimination des déchets solides.
- Ritzkowski, M. und Stegmann, R. 2012, Landfill aeration worldwide : Concepts, indications and findings, Waste Management 32 (2012) 1411–1419.
- Ritzkowski, M. et Stegmann, R. 2007, Controlling greenhouse gas emissions through landfill in situ aeration, International journal of greenhouse gas control 1 (2007) 281 – 288.
- Ritzkowski, M. et Stegmann, R. 2010, Generating CO₂-credits through landfill in situ aeration, Waste Management 30 (2010) 702–706.
- Roman, P., Tesar, M., Huber-Humer, M., Heiss-Ziegler, C. 2006, Technischer Leitfaden : In-situ Aerobisierung von Altablagerungen.
- Kühle-Weidemeier, M. et Bogon, H. 2008, Wirksamkeit von biologischen Methanoxidationsschichten auf Deponien. Praxistagung Deponien 2008.
- Schroth, M.H., Eugster, W., Gómez, K.E., Gonzalez-Gil, G., Niklaus, P.A., Oester, P. 2012, Above- and below-ground methane fluxes and methanotrophic activity in a landfill-cover soil, Waste Management 32 (2012) 879–889.
- Technische Verordnung Luft (ordonnance allemande sur la protection de l'air) : www.deponie-stief.de/pdf/fachlit_pdf/2003deponiegas_trier_butz_man.pdf (24.03.2014)

3.2 Définitions

Les définitions ci-après décrivent des termes clés utilisés dans la méthode standard. La terminologie ayant trait aux projets et programmes figure dans la communication correspondante.

Aérobisation	Procédé d'aération des corps des décharges dans lesquels la dégradation des matières organiques s'effectue sinon principalement en conditions anaérobies. L'air introduit crée des conditions aérobies dans le corps de la décharge permettant une dégradation partiellement aérobie. Grâce à cette dégradation aérobie ciblée, le carbone organique est généralement dégradé plus rapidement que lors d'une dégradation anaérobie. La dégradation aérobie entraîne une minéralisation plus rapide du carbone organique et peut ainsi contribuer à l'effet souhaité qui est de raccourcir la durée du suivi des décharges après leur fermeture définitive.
Décharges contrôlées	Toute installation de traitement des déchets où des déchets sont stockés définitivement et sous surveillance (ordonnance sur le traitement des déchets, OTD).
Décharge contrôlée bioactive	Les décharges contrôlées bioactives peuvent contenir des déchets tels que des ordures ménagères (dont la mise en décharge est interdite depuis 2000), qui donnent lieu à des réactions chimiques et surtout à des processus biologiques générant des émissions s'échappant principalement par voie aqueuse ou gazeuse. S'agissant de la formation de gaz, les principaux processus sont la dégradation aérobie et anaérobie des matières organiques. Ils peuvent encore se dérouler pendant des décennies après les derniers dépôts d'ordures ménagères.
Dégradation aérobie	Dégradation microbiologique des matières organiques en conditions aérobies, en d'autres termes en présence d'oxygène. Du dioxyde de

	<p>carbone est formé lors de la dégradation aérobie (souvent désignée par le terme de compostage).</p>
Dégradation anaérobie	<p>Dégradation microbiologique de matières organiques en conditions anaérobies, en d'autres termes en l'absence d'oxygène. La dégradation anaérobie donne lieu à la formation de gaz de décharge contenant une proportion relativement élevée de méthane.</p>
Efficacité d'aspiration (EA)	<p>L'efficacité d'aspiration décrit la fraction de gaz de décharge captée à l'aide d'une installation de dégazage (= degré de captage du gaz de décharge). La fraction (1-EA) n'est pas captée et s'échappe dans l'atmosphère à travers la couche superficielle.</p>
Efficacité de brûlage à la torche (EB)	<p>L'efficacité de brûlage à la torche correspond à la proportion de méthane effectivement brûlée par torchage ou oxydée d'une manière générale lors de procédés de traitement du gaz¹⁰. La fraction (1-EB) n'est pas brûlée/oxydée et s'échappe dans l'atmosphère. La détermination s'effectue conformément au mode opératoire décrit par la CCNUCC :</p> <ul style="list-style-type: none">• une valeur par défaut de 90 % est utilisée pour l'efficacité de combustion d'une torche fermée ;• les requérants peuvent utiliser les données fournies par le fabricant s'il peut être démontré qu'elles sont respectées ;• les requérants peuvent effectuer leurs propres mesures.
Facteur de compression (FC)	<p>Le facteur de compression correspond au nombre d'années pour lesquelles les émissions de référence, déterminées selon le modèle FOD¹¹, sont dégradées en un an en conditions aérobies grâce à une aérobisation active ; il peut également être considéré comme le facteur d'accélération de l'aérobisation (cf. aussi 5.2.1).</p>
Facteur d'oxydation (OX)	<p>Le facteur d'oxydation décrit la fraction de méthane du gaz de décharge, qui s'oxyde, c.-à-d. qui est transformé en dioxyde de carbone, dans la couche superficielle de la décharge avant de s'échapper dans l'atmosphère. Le facteur d'oxydation est introduit pour tenir compte de cet effet. La fraction (1-OX) du méthane s'écoulant à travers la couche superficielle n'est pas oxydée et s'échappe dans l'atmosphère.</p> <p>Le processus d'oxydation diffère d'une décharge à l'autre et varie également au sein d'une même décharge, selon l'ancienneté de la décharge et la saison. Les valeurs figurant dans la littérature pour le facteur d'oxydation vont de 0, pour des décharges à aération active, à 1, pour des décharges non aérées. La nature de la surface de la décharge a également une influence sur le facteur d'oxydation. Selon les données du rapport intitulé « Wirksamkeit von biologischen Methanoxidationsschichten auf Deponien »¹² et de l'avis des experts, un facteur de 0,5 est considéré comme approprié pour les décharges non aérées en Suisse¹³. La détermination de ce facteur est entachée d'incertitudes et est en outre complexe et coûteuse, raison pour laquelle la présente méthode fixe des valeurs en fonction de la situation initiale (avec ou sans aération). La valeur devant être choisie pour le facteur d'oxydation est déterminée à l'aide des arbres de décision présentés aux figures 3 et 6.</p>

¹⁰ Au sens strict, il faudrait utiliser le terme général d'« efficacité de traitement ». Toutefois, dans ce document, on parle généralement d'efficacité de brûlage à la torche bien qu'il puisse s'agir, dans certains cas, d'une oxydation sans flamme.

¹¹ First Order Decay Model (modèle de décomposition de premier ordre). Cf. Outil méthodologique MDP « Emissions from solid waste disposal sites »

¹² http://www.oekobauconsult.de/Wirksamkeit_von_biologischen_Methanoxidationsschichten_mit_Index.pdf (17.03.2014)

¹³ De nombreuses décharges ont déjà fait l'objet d'un suivi relativement long, par exemple sous la forme d'un dégazage, et/ou disposent d'une couverture ou d'une surface favorisant l'oxydation du gaz.

	<p>La valeur du GIEC souvent utilisée de 0,1 s'applique aux décharges actives et relativement récentes. Cette valeur est utilisée dans le cadre de l'inventaire des gaz à effet de serre de la Suisse, car une surestimation des émissions est considérée comme prudente.</p>
Facteur F	<p>Fraction de méthane dans le mélange de méthane et de dioxyde de carbone du gaz de décharge.</p> <p>Lorsque le gaz de décharge se trouve dans phase anaérobie (stable) dite phase méthanogène, on admet, dans la présente méthode standard par analogie avec le GIEC, que le rapport entre le méthane et le dioxyde de carbone est de 50 à 50 en % vol. dans le gaz de décharge, ce qui correspond à un facteur F de 0,5. Cette valeur peut être utilisée pour l'estimation ex-ante lors d'un traitement du gaz pauvre uniquement (chap. 4).</p> <p>Le facteur F s'appliquant à une aérobisation éventuellement couplée à un traitement du gaz pauvre (chap. 5) est déterminé à l'aide de l'arbre de décision présenté dans la figure 6.</p>
Fonctionnement intermittent de la torche	<p>Lorsque la composition du gaz ne permet plus de garantir le fonctionnement continu d'une torche conventionnelle, la pratique veut que la torche soit éteinte pendant un certain temps jusqu'à ce que la composition du gaz permette à nouveau de la remettre en service momentanément. On a ainsi un fonctionnement de la torche par intermittence, avec des arrêts à répétition. Il est alors possible que des émissions de méthane non désirées soient libérées lorsque la torche n'est pas en service. C'est la raison pour laquelle un passage à un système de traitement ininterrompu du gaz pauvre avec ou sans aérobisation est souhaitable afin d'éviter les émissions de méthane.</p>
Fraction aérobisée (FA)	<p>Fraction de méthane dont la formation a été évitée grâce à l'aérobisation active. Grâce à l'aérobisation, une partie des déchets organiques dégradables n'est pas transformée en méthane, mais oxydée en dioxyde de carbone. La fraction (1-FA) se forme malgré une aérobisation active.</p>
Gaz de décharge	<p>Gaz sous pression principalement composé de méthane et de dioxyde de carbone issu de la transformation biologique des matières organiques contenues dans les décharges pouvant notamment s'échapper à travers la couche superficielle de la décharge.</p>
Mesures	<p>Dans la méthode standard, on entend par mesures l'utilisation de technologies ou de procédés entraînant une diminution des émissions. Elles comprennent notamment la mise en service de torches pour détruire le méthane ou une technique d'aération visant à minéraliser le carbone organique. Les biofiltres ne sont pas considérés comme des mesures de réduction des émissions, car ils ne diminuent les émissions de méthane que de manière minime. Ils sont utilisés pour éviter les nuisances olfactives.</p> <p>Ce terme est surtout employé dans le point traitant des domaines d'application et des prescriptions.</p>

3.3 Domaines d'application et prescriptions relatives à la méthode standard

Les projets de réduction des émissions appliquant la présente méthode standard doivent satisfaire aux prescriptions de l'ordonnance sur le CO₂ et se conformer à la communication.

La méthode standard ne peut être appliquée que si les critères ci-après sont remplis.

Exigences générales s'appliquant à tous les projets et à toutes les mesures

1. La décharge est sise en Suisse.
2. La décharge et les mesures¹⁴ de réduction d'émissions prévues respectent les dispositions d'exécution de la législation sur la protection de l'environnement, notamment l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) et l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD).
3. Sans les mesures prévues (c.-à-d. selon l'évolution de référence), la décharge contrôlée ou le site de stockage génère des émissions de méthane. Ils doivent donc contenir une proportion élevée de déchets organiques (p. ex. des ordures ménagères).
4. Les mesures prévues ne sont pas déjà prescrites par la loi ou par une décision¹⁵.
5. Les mesures prévues doivent tout au moins correspondre à l'état de la technique. Le système de traitement du gaz pauvre doit donc être optimisé pour la composition actuelle ou future du gaz de décharge.
6. La mise en œuvre du projet doit avoir débuté au plus tôt trois mois avant le dépôt de la demande auprès de l'autorité d'exécution. Le début de la mise en œuvre correspond généralement à la date à laquelle le requérant s'est engagé financièrement de façon déterminante envers des tiers. Des essais d'aspiration peuvent être nécessaires en vue de l'élaboration d'une demande pour un projet portant sur les gaz de décharge. Toutefois, ces engagements financiers ne devraient généralement pas être considérés comme des engagements financiers déterminants ; le début de la mise en œuvre du projet ne commence donc pas avec l'aménagement des forages pour les essais d'aspiration.

Exigences et restrictions supplémentaires

On distingue différentes situations initiales :

- A décharge contrôlée sans traitement du gaz de décharge (on entend par là des décharges sans mesures de réduction des émissions ; ces décharges peuvent éventuellement présenter des puits d'aération, mais il n'y a pas d'aérobisation active) ;
- B décharge contrôlée avec torche conventionnelle ne pouvant plus être exploitée normalement (exploitation intermittente) ;
- C décharge contrôlée avec torche conventionnelle exploitée normalement.

Exigences et restrictions :

Situation A : décharge contrôlée sans traitement du gaz de décharge

La méthode s'applique à la mise en service de nouvelles torches, de traitements du gaz pauvre ou d'une nouvelle installation d'aérobisation.

Situation B : décharge contrôlée avec torche conventionnelle ne pouvant plus être exploitée normalement (exploitation intermittente)

La méthode s'applique si le passage au traitement du gaz pauvre n'a pas déjà été prescrit ou ordonné et qu'il s'avèrerait judicieux du point de vue technique. En d'autres termes, le requérant doit prouver et

¹⁴ Sont considérés comme des mesures les technologies et les procédés donnant lieu à une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les biofiltres ne sont pas considérés comme des mesures de ce type, car ils servent principalement à réduire les odeurs.

¹⁵ Par exemple, lorsque les autorités compétentes ont ordonné l'utilisation d'une torche par voie de décision, on ne peut pas faire valoir les réductions d'émissions correspondantes, l'utilisation de la torche ordonnée par décision correspondant à l'évolution de référence.

justifier (p. ex. teneur en méthane du gaz, suivi de l'exploitation de la torche, avis d'expert, informations du fabricant de la torche) que la torche conventionnelle ne peut plus être exploitée en continu ou que l'aérobisation détruit plus de méthane qu'une exploitation intermittente de la torche conventionnelle.

Situation C : décharge contrôlée avec torche conventionnelle exploitée normalement

Dans ce cas, la méthode décrite ne peut pas être appliquée¹⁶.

Lorsque toutes les exigences ci-dessus sont remplies, le chapitre 4 (traitement du gaz pauvre) ou le chapitre 5 (aérobisation couplée ou non à un traitement du gaz pauvre) peut être appliqué pour apporter la preuve des réductions d'émissions et pour le suivi.

¹⁶ Au cas où une torche fonctionnant encore parfaitement devait être remplacée par une installation d'aérobisation, il faut prouver que l'aérobisation empêche la formation de plus d'émissions de méthane que celles détruites par le brûlage dans la torche. Ne peut alors être prise en compte, pour la délivrance d'attestations, que la différence entre les émissions de méthane dont la formation a été évitée grâce à l'aérobisation et les quantités de méthane détruites dans la torche (référence). Ce document n'explique pas de quelle manière cette différence peut être déterminée concrètement.

4 Preuve des réductions d'émissions dans le cas d'un traitement du gaz pauvre

4.1 Marges de fonctionnement du système

Sont contenus à l'intérieur des marges de fonctionnement du système la décharge, le traitement du gaz pauvre¹⁷, la consommation d'électricité et les éventuelles émissions fossiles de l'installation d'aspiration et du traitement du gaz pauvre. Les (anciennes) voies d'acheminement des déchets mis en décharge se situent en dehors des marges de fonctionnement du système. La figure 2 présente les sources d'émissions significatives ; les explications concernant les gaz à effet de serre pertinents sont données dans le tableau 1.

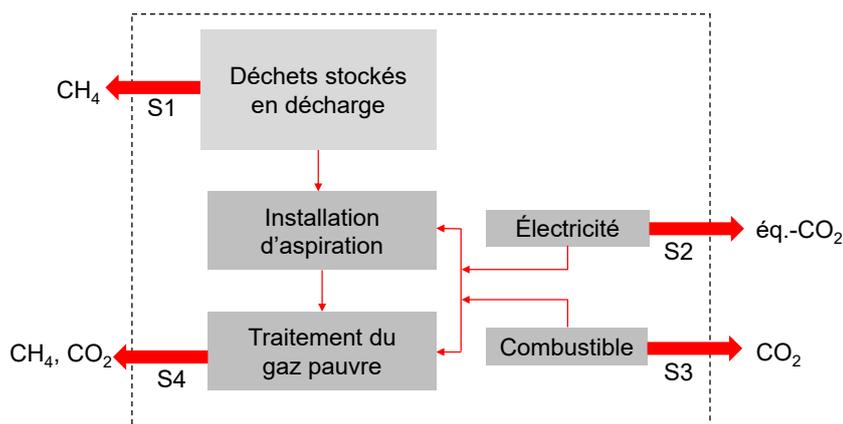


Figure 2 Marges de fonctionnement du système et émissions significatives (flèches rouges épaisses)

Source (S)	Gaz à effet de serre	Inclusion/ Exclusion	Justification
S1 : Émissions générées par la dégradation anaérobie des déchets organiques	CH ₄	Inclusion	L'aspiration couplée au traitement du gaz pauvre entraîne une diminution des émissions directes de gaz de décharge et, partant, des émissions de CH ₄ .
	CO ₂	Exclusion	Les émissions de CO ₂ générées par la dégradation du carbone issu de la biomasse ne sont pas comprises dans l'établissement du bilan.
	N ₂ O	Exclusion	Ces émissions sont très faibles en comparaison de celles du CH ₄ .
S2 : Émissions générées par l'utilisation de courant électrique	éq.-CO ₂	Inclusion	Les émissions d'éq.-CO ₂ du mix de production suisse doivent être prises en compte avec un facteur d'émission de 24,2 g d'éq.-CO ₂ /kWh selon l'annexe A3 de la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse ».
S3 : Émissions générées par l'utilisation d'énergie fossile	CH ₄	Exclusion	Très faible
	CO ₂	Inclusion	Un apport de combustible peut éventuellement s'avérer nécessaire pour le traitement du gaz pauvre.
	N ₂ O	Exclusion	Très faible

¹⁷ Dans des cas exceptionnels, des décharges qui ne disposent pas encore de torche ou de traitement du gaz pauvre peuvent mettre en place un dispositif de ce type sans qu'il ne soit prescrit. Des mesures impliquant l'utilisation d'une nouvelle torche conventionnelle sans que cela ne soit prescrit sont admises dans la présente méthode. La preuve des réductions d'émissions s'effectue de la même manière que pour le traitement du gaz pauvre.

Source (S)	Gaz à effet de serre	Inclusion/ Exclusion	Justification
S4 : Émissions liées à la valorisation (inefficace) du gaz pauvre	CH ₄	Inclusion	Oxydation incomplète du gaz de décharge aspiré (efficacité de brûlage à la torche)
	CO ₂	Inclusion	Bien que le CO ₂ soit issu de la biomasse, les émissions de CO ₂ générées par la combustion du méthane sont comprises dans le bilan, car seule la différence entre le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) du CH ₄ et celui du CO ₂ peut être prise en compte.
	N ₂ O	Exclusion	Très faible

Tableau 1 : Sources d'émissions lors du traitement du gaz pauvre

4.2 Paramètres et méthodes de calcul

La structure de la méthode standard pour la détermination des réductions d'émissions décrite ici ne suit pas le schéma usuel utilisé pour les projets de protection du climat comprenant une description directe des émissions de référence et une description des émissions du projet¹⁸. Afin de simplifier autant que possible la méthode standard, nous décrivons ci-après directement la détermination des réductions d'émissions -. La logique de la réduction d'émissions correspond néanmoins à la comparaison d'une situation avec et sans projet ; elle est concrétisée dans la figure 4 qui illustre les formules.

La détermination de la réduction d'émission se subdivise en une méthode d'estimation ex-ante (basée exclusivement sur des modèles) et une méthode de calcul ex-post (basée sur une combinaison de mesures et de modèles).

Le facteur d'oxydation OX est une valeur d'une importance capitale pour les calculs. Le choix de cette valeur découle de l'arbre de décision suivant :

¹⁸ En cas d'aérobisation notamment, cette distinction a donné lieu à difficultés d'ordre conceptuel.

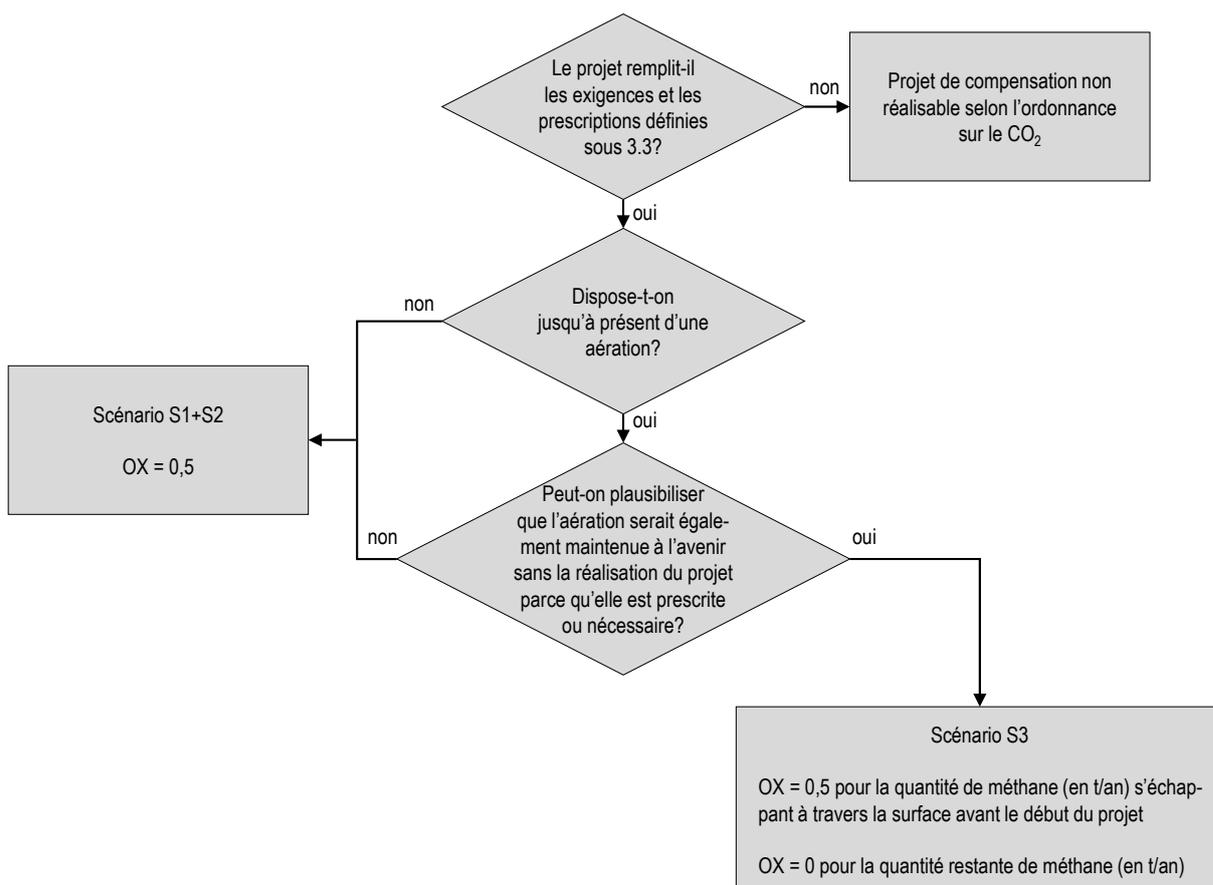


Figure 3 : Traitement du gaz pauvre : arbre de décision pour la détermination du paramètre OX. On entend par « aération » toute aération active.

La répartition en OX = 0,5 et OX = 0 conformément au scénario 3 peut se faire de différentes façons :

- Il est possible de vérifier qu'aucune quantité significative de méthane (< 5 % de la quantité s'écoulant par l'aération) ne s'échappe à travers la surface avant le début du projet. La valeur de zéro peut alors être utilisée pour OX.
- Une quantité significative de méthane (> 5 % de la quantité s'écoulant par l'aération) s'échappe à travers la surface avant le début du projet. Cette quantité mesurée est fixée une fois pour toutes et devra être déduite chaque année des réductions d'émissions imputables selon les formules (1) et (3). On se base ici sur l'hypothèse selon laquelle tout le méthane qui s'échappait à travers la surface avant le début du projet est aspiré et détruit dans le cadre du projet. Étant donné que OX = 0,5 du fait que du gaz s'échappe à travers la surface, la quantité de méthane mesurée correspond à la quantité oxydée dans la couche superficielle.
- La quantité de méthane s'échappant à travers la surface sans l'activité liée au projet ne peut pas être mesurée. OX = 0 peut alors être utilisé pour la charge de méthane aspirée par le biais des puits d'aération qui existaient avant le début du projet. OX = 0,5 doit être utilisé pour la charge de méthane aspirée par le biais des nouveaux puits d'aération. Si cette répartition ne peut pas être effectuée, on peut admettre que, dans le cas du projet, tous les puits d'aération (existants et nouveaux) contribuent de la même manière à la quantité totale de méthane aspirée. Selon ce rapport, on utilise le facteur d'oxydation OX = 0,5 ou OX = 0 dans les formules (1) et (3).

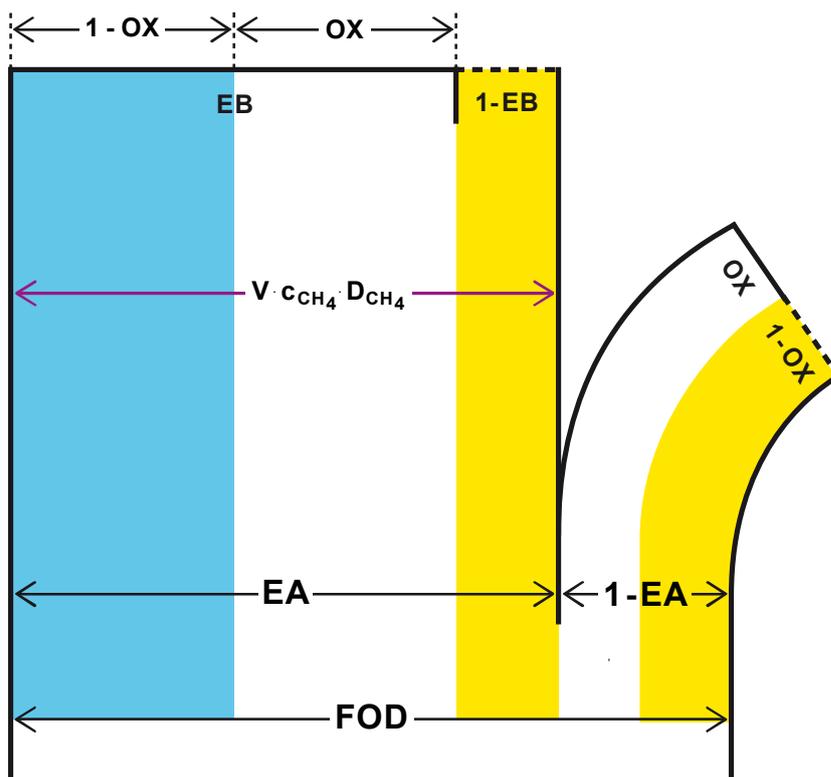


Figure 4 : Schéma explicatif de la réduction d'émissions imputable grâce au traitement du gaz pauvre. FOD correspond à la quantité de méthane formée dans la décharge. Les lignes discontinues et les débits volumiques en jaune représentent les émissions de méthane libérées dans l'atmosphère. Les lignes pleines représentent la part du méthane formé dans la décharge qui est oxydée en dioxyde de carbone avant de s'échapper dans l'atmosphère. Cette oxydation s'effectue, pour la fraction non aspirée (1- EA), au niveau de la couche superficielle alors que, pour la fraction aspirée EA, elle s'effectue par le biais du traitement du gaz pauvre avec une efficacité EB. Si la fraction EA n'avait pas été aspirée, la fraction OX aurait été oxydée dans la couche superficielle, du moins dans le cas des scénarios 1 et 2 ainsi que pour une partie des quantités dans le scénario 3 selon l'arbre de décision. Par conséquent, seule la fraction (1-OX) du méthane aspiré et traité (en bleu sur le schéma) peut être imputée. La détermination ex-post de la quantité de méthane aspirée s'effectue par des mesures (flèche violette). Comme le montre le schéma, cette quantité ne correspond pas à la réduction d'émissions imputable. (Les réductions d'émissions imputables sont déterminées ex-post, à l'aide de la formule [3], à partir des émissions mesurées).

4.2.1 Estimation ex-ante des réductions d'émissions

Pour estimer les réductions d'émissions ex-ante, il est possible d'utiliser les valeurs des mesures de la charge en méthane effectuées au cours des années précédant le début du projet. Autrement, ou si l'on ne dispose pas de valeurs de mesures des émissions de méthane générées jusqu'ici, il est possible d'estimer les réductions d'émissions de la manière suivante^{19,20} :

¹⁹ Dans la méthode MDP, un terme (1-AF), correspondant à la proportion de méthane détruit conformément aux prescriptions de la législation, est ajouté lors de la détermination des réductions des émissions de méthane (AF = *adjustment factor*). Cela n'est pas nécessaire ici étant donné qu'il n'y a soit aucune exigence concernant l'évitement de la formation d'émissions de méthane (AF = 0), ou alors que l'évitement est prescrit (AF = 1). Dans ce dernier cas, le projet n'est pas admis en tant que projet de protection du climat selon le point 3.3 (Domaines d'application et prescriptions).

²⁰ Lorsque le gaz de décharge est utilisé à des fins énergétiques au cours du projet, il est possible de faire valoir les émissions de gaz à effet de serre évitées, par exemple si cela permet la substitution d'agents énergétiques fossiles. La preuve des réductions d'émissions correspondantes doit être apportée conformément à la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse. Ces réductions peuvent être présentées sous la forme d'un projet séparé, ou combinées aux réductions des émissions de méthane du projet.

$$RE_{y,torche}^{ex-ante} = (EB - OX) * EA * FOD_{CH_4,y} * GWP_{CH_4}^{eff} - EP_{CO_2,électr,y} - EP_{CO_2,fossile,y} \quad (1)$$

où :

$RE_{y,torche}^{ex-ante}$	Réductions d'émissions estimées en cas de traitement du gaz pauvre durant l'année y (en t d'éq.-CO ₂)
$PRP_{CH_4}^{eff}$	Potential de réchauffement planétaire effectif du méthane (22,25 t d'éq.-CO ₂ /t de CH ₄) ²¹
EB	Efficacité de brûlage à la torche
OX	Facteur d'oxydation
EA	Efficacité d'aspiration
$FOD_{CH_4,y}$	Quantité de méthane, calculée à l'aide d'une formule « First Order Decay », générée dans la décharge durant l'année y (en t de CH ₄) ; cf. formule (2)
$EP_{CO_2,électr,y}$	Émissions de CO ₂ générées par la consommation d'électricité dans le cadre de l'activité du projet durant l'année y (en t d'éq.-CO ₂) ²²
$EP_{CO_2,fossile,y}$	Émissions de CO ₂ générées par l'utilisation de combustibles fossiles durant l'année y (en t d'éq.-CO ₂) ²³

Explications concernant la formule (1)

Le premier terme de la formule (1) peut être dissocié en deux termes :

1. $EB * EA * (1 - OX) * FOD_{CH_4,y}$
2. $-EA * (1 - EB) * OX * FOD_{CH_4,y}$

Le premier décrit la quantité de $FOD_{CH_4,y}$ aspirée (EA) et brûlée (EB). Cette quantité est encore diminuée d'un facteur (1-OX) afin de tenir compte de l'oxydation partielle dans la couche superficielle.

Le second tient compte du fait que la fraction de méthane aspirée (EA), mais non brûlée (1-EB) s'échappe directement du corps de la décharge dans l'atmosphère. Sans le projet, la fraction OX de cette quantité aurait été oxydée dans la couche superficielle. De ce fait, le volume de la réduction d'émissions imputable diminue²⁴.

La quantité de méthane qui se forme dans le corps de la décharge sur la durée du projet peut être estimée sur la base d'un modèle « First Order Decay » (FOD). Ce modèle est également utilisé pour le calcul des émissions de méthane des décharges bioactives prises en compte dans l'inventaire des gaz à effet de serre de la Suisse conformément aux directives du GIEC²⁵.

²¹ $PRP_{CH_4} = 25$ selon l'annexe 1 de l'ordonnance du 30 novembre 2012 sur la réduction des émissions de CO₂ (ordonnance sur le CO₂). L'oxydation d'une tonne de CH₄ génère 2,75 tonnes de CO₂, dont le potentiel de réchauffement planétaire (par définition 2,75) doit être déduit de celui du méthane, car seule la différence peut être imputée. Cela vaut aussi pour le carbone issu de la biomasse.

²² L'annexe A3 de la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse », fixe, pour le courant électrique (mix de production suisse), un facteur d'émission de CO₂ de 24,2 g d'éq.-CO₂/kWh.

²³ Ces émissions entrent notamment en ligne de compte lorsqu'un apport de combustible est nécessaire pour l'oxydation du gaz pauvre.

²⁴ Si l'efficacité de brûlage à la torche EB est inférieure au facteur d'oxydation OX, les réductions d'émissions sont inférieures à zéro. En l'absence de brûlage à la torche, soit si EB = 0 (p. ex. si la torche est éteinte), tout le méthane s'échappe directement du corps de la décharge dans l'atmosphère sans être oxydé au niveau de la couche superficielle. Dans ce cas, les émissions de méthane générées par le projet sont plus élevées.

²⁵ http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf (24.4.2014)

La formule ci-après est tirée de l'outil méthodologique MDP « Emissions from solid waste disposal sites » (version 6.0.1)²⁶.

$$FOD_{CH_4,y} = \frac{16}{12} * F * DOC_f * MCF * \sum_{x=AO}^y \sum_j D_{j,x} * DOC_j * e^{-k_j(y-x)} * (1 - e^{-k_j}) \quad (2)$$

où :

$FOD_{CH_4,y}$	Quantité de méthane, calculée à l'aide d'une formule « First Order Decay », générée dans la décharge durant l'année y (en t de CH ₄)
y	Année sur laquelle porte le calcul des émissions de méthane
x	Année au cours de laquelle la décharge a été remplie avec une certaine quantité de déchets $D_{j,x}$ de catégorie j
$\frac{16}{12}$	Quotient des masses moléculaires du CH ₄ et du C
F	Fraction de méthane dans le mélange de méthane et de dioxyde de carbone du gaz de décharge. Dans cette formule, on peut utiliser une valeur de 0,5 pour F (valeur du GIEC).
DOC_f	Fraction du carbone biologiquement dégradé en conditions anaérobies (en % masse) ²⁷
MCF	Coefficient de correction du méthane ²⁸ . Ce coefficient correspond à la quantité de carbone oxydée directement en CO ₂ dans des zones aérobies de la décharge. Il tient compte du type d'exploitation de la décharge. Dans le contexte suisse, on peut admettre que MCF = 1.
$D_{j,x}$	Quantité de déchets de catégorie j mis en décharge durant l'année x (en t de déchets)
AO	Année d'ouverture de la décharge, en d'autres termes la première année au cours de laquelle des déchets ont été stockés (p. ex. 1980)
j	Catégorie de déchets
DOC_j	Fraction de carbone organique dégradable de la catégorie de déchets correspondante (en t de C / t de déchets) ²⁹
k_j	Constante de dégradation de la catégorie de déchets correspondante j (en ans ⁻¹)

Il y a lieu de suivre le mode opératoire décrit dans l'outil méthodologique MDP ainsi que les valeurs fixées dans celui-ci en tenant compte des aspects suivants :

- le facteur (1-OX) indiqué dans l'outil MDP ne fait pas partie ici de la formule FOD, mais est déjà pris en compte dans la formule (1). De plus, il faut utiliser pour OX la valeur de 0,5 ou OX = 0 et non la valeur indiquée dans l'outil, soit OX = 0,1 (cf. 3.2) ;
- le facteur f de l'outil MDP correspond au facteur EA, qui ne fait pas non plus partie de la formule FOD, mais est déjà pris en compte dans la formule (1) ;
- on peut poser MCF=1, qui est, selon l'outil MDP, la valeur pertinente pour les décharges anaérobies et gérées de manière contrôlée.

²⁶ <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-04-v6.0.1.pdf> (24.03.2014). La formule a été reprise en la simplifiant légèrement. Le facteur de correction « φ » a ainsi pu être supprimé ici.

²⁷ Outil MDP : Fraction of degradable organic carbon that can decompose

²⁸ Ce **coefficient de correction** du méthane (MCF selon GIEC 2006, vol. 5 chap. 3 ; en anglais *CH₄ correction factor*) ne doit pas être confondu avec le **facteur de conversion** du méthane (FCM selon IPCC 2006, vol. 4 chap. 10 ; en anglais *CH₄ conversion factor*) utilisé dans la méthode standard pour les installations agricoles de méthanisation en fonction du type de gestion du lisier et des conditions de stockage.

²⁹ Outil MDP : Fraction of degradable organic carbon (by weight) in the waste type j

4.2.2 Mesure ex-post des réductions d'émissions

La réduction de méthane est déterminée ex-post de la manière suivante :

$$RE_{y,torche}^{ex-post} = (EB - OX) * PRP_{CH_4}^{eff} * V_{GD,y} * c_{CH_4} * D_{CH_4} - EP_{CO_2,électr,y} - EP_{CO_2,fossil,y} \quad (3)$$

où :

$RE_{y,torche}^{ex-post}$	Réductions d'émissions imputables, déterminées ex-post à l'aide des émissions mesurées durant le traitement du gaz pauvre au cours de l'année y (en t d'éq.-CO ₂)
EB	Efficacité de brûlage à la torche
OX	Facteur d'oxydation
$PRP_{CH_4}^{eff}$	Potentiel de réchauffement planétaire du méthane (22,25 t d'éq.-CO ₂ / t de CH ₄)
$V_{GD,y}$	Débit volumique du gaz de décharge mesuré avant le traitement du gaz pauvre durant l'année y (en Nm ³)
c_{CH_4}	Teneur en méthane du gaz de décharge (en % vol.)
D_{CH_4}	Densité du méthane aux conditions standard (0,0007202 t de CH ₄ /Nm ³)
$EP_{CO_2,électr,y}$	Émissions de CO ₂ générées par l'utilisation d'électricité dans le cadre de l'activité du projet durant l'année y (en t d'éq.-CO ₂) ³⁰
$EP_{CO_2,fossile,y}$	Émissions de CO ₂ générées par l'utilisation de combustibles fossiles durant l'année y ³¹ (en t d'éq.-CO ₂)

Une comparaison des formules (1) et (3) montre que $EA * FOD_{CH_4,y} = PRP_{CH_4}^{eff} * V_{GD} * c_{CH_4} * D_{CH_4}$. Le premier membre de cette équation permet d'estimer ex-ante, à l'aide du modèle FOD, la quantité de méthane amenée à la torche ; le deuxième membre permet de mesurer directement cette quantité ex-post.

4.3 Additionnalité

Pour la détermination de l'additionnalité, se référer à la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse ». D'une manière générale, il y a lieu d'apporter la preuve, à l'aide d'une analyse de rentabilité, que le projet n'est pas rentable et qu'il ne serait, par conséquent, pas mis en œuvre sans le produit de la vente des attestations. En l'absence de produit de la vente de gaz de décharge ou de méthane, ou de l'énergie qu'ils génèrent, une simple analyse des coûts montrant que la rentabilité du projet est inférieure à celle d'au moins un des scénarios alternatifs suffit.

4.4 Suivi

La liste ci-après regroupe les paramètres et les facteurs importants pour apporter la preuve des réductions d'émissions conformément à la présente méthode standard.

³⁰ L'annexe A3 de la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse fixe, pour le courant électrique (mix de production suisse), un facteur d'émission de CO₂ de 24,2 g d'éq.-CO₂/kWh.

³¹ Ces émissions entrent notamment en ligne de compte lorsqu'un apport de combustible est nécessaire pour l'oxydation du gaz pauvre.

4.4.1 Valeurs et facteurs qui ne sont pas mesurés en continu

Données / Paramètres	EB
Unité	Proportion
Description	L'efficacité de brûlage à la torche reflète la fraction de méthane effectivement brûlée lors du torchage, ou oxydée d'une manière générale lors de procédés de traitement du gaz.
Valeur	La démarche préconisée par la CCNUCC s'applique ³² : 1. une valeur par défaut de 90 % est utilisée pour l'efficacité de combustion d'une torche fermée ; 2. les détenteurs des projets peuvent utiliser les données fournies par le fabricant s'il peut être démontré qu'elles sont respectées ; 3. les détenteurs des projets peuvent effectuer leurs propres mesures.
Source des données	Démarche simplifiée par analogie à l'outil méthodologique MDP « Project emissions from flaring »
Fréquence de la mesure	Annuelle, dans le cadre du suivi, lorsque la valeur par défaut n'est pas utilisée
Assurance qualité	-
Commentaires	L'efficacité de brûlage à la torche est pertinente aussi bien pour l'estimation ex-ante que pour le calcul ex-post.

Données / Paramètres	OX
Unité	Proportion
Description	Le facteur d'oxydation décrit la fraction de méthane du gaz de décharge qui est oxydée, c.-à-d. transformée en dioxyde de carbone, dans la couche superficielle avant de s'échapper dans l'atmosphère.
Valeur	0 ou 0,5
Source des données	Le facteur d'oxydation diffère d'une décharge à l'autre et varie également au sein d'une même décharge, notamment en fonction de l'ancienneté de la décharge et de la saison. Dans la littérature, les valeurs vont pratiquement de 0 à 1. Selon les marges indiquées dans le rapport intitulé « Wirksamkeit von biologischen Methanoxidationsschichten auf Deponien » ³³ et de l'avis des experts, une valeur de 0,5 semble appropriée dans le contexte suisse pour les décharges sans aération (cf. aussi la fig. 3). OX = 0 s'applique au méthane qui, sans la réalisation du projet, serait aspiré par les installations d'aération.
Fréquence de la mesure	-
Assurance qualité	-

³² Étape 2 de l'outil méthodologique MDP « Project emissions from flaring » (version 02.0.0)

³³ http://www.oekobauconsult.de/Wirksamkeit_von_biologischen_Methanoxidationsschichten_mit_Index.pdf (17.03.2014)

Commentaires	Le facteur d'oxydation est pertinent aussi bien pour l'estimation ex-ante que pour le calcul ex-post. Il est entaché d'une incertitude et sa détermination est longue et coûteuse, raison pour laquelle la présente méthode prescrit des valeurs fixes en fonction de la situation initiale.
--------------	--

Données / Paramètres	EA
Unité	Proportion
Description	L'efficacité d'aspiration décrit la fraction de gaz de décharge captée par les puits de captage. La fraction (1-EA) n'est pas captée et s'échappe dans l'atmosphère à travers la couche superficielle, processus au cours duquel une partie du méthane est oxydé.
Valeur	Estimation faite par le détenteur du projet
Source des données	-
Fréquence de la mesure	Mesure unique pour l'estimation ex-ante des réductions d'émissions attendues
Assurance qualité	-
Commentaires	Cette valeur n'est pertinente que pour l'estimation ex-ante et doit être démontrée par le détenteur du projet sur la base des spécificités de la décharge. L'efficacité d'aspiration varie fortement en fonction du type de décharge (plate, monticule, fosse) et de la manière dont sont disposés les déchets ; elle peut grosso modo se situer entre 30 et 70 %.

Données / Paramètres	$PRP_{CH_4}^{eff}$
Unité	t d'éq.-CO ₂ / t de CH ₄
Description	Potentiel de réchauffement planétaire effectif du méthane
Valeur	22,25
Source des données	$PRP_{CH_4} = 25$ selon l'annexe 1 de l'ordonnance du 30 novembre 2012 sur la réduction des émissions de CO ₂ (ordonnance sur le CO ₂). L'oxydation d'une tonne de CH ₄ génère 2,75 tonnes de CO ₂ , dont le potentiel de réchauffement planétaire (par définition 2,75) doit être soustrait de celui du méthane, car seule la différence peut être prise en compte. Ceci s'applique bien que le carbone soit issu de la biomasse.
Fréquence de la mesure	-
Assurance qualité	-
Commentaires	Pour PRP_{CH_4} , la valeur déterminante est celle qui figure dans l'ordonnance sur le CO ₂ en vigueur, même lorsqu'une autre valeur est préconisée sur la base de nouvelles connaissances scientifiques.

Données / Paramètres	F
Unité	Proportion
Description	Fraction de méthane dans le mélange de méthane et de dioxyde de carbone
Valeur	0,5 (valeur du GIEC pour le gaz de décharge natif)
Source des données	Valeur du GIEC
Fréquence de la mesure	-
Assurance qualité	-
Commentaires	F est nécessaire pour l'estimation ex-ante si la formule du FOD est utilisée à cet effet.

Données / Paramètres	D_{CH_4}
Unité	t de CH ₄ /Nm ³
Description	Densité du méthane aux conditions standard
Valeur	0,0007202
Source des données	$D_{CO_2} * \frac{16.04}{44.01}$ Les masses molaires sont tirées de http://www.dguv.de/dguv/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp (24.03.2014). La densité du dioxyde de carbone est de 0,001976 Cf. : Special Report on CCS, Annex I : Properties of CO ₂ and carbon-based fuels http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_annex1.pdf (24.03.2014)
Fréquence de la mesure	-
Assurance qualité	-
Commentaires	La densité du méthane n'est pertinente que pour le calcul ex-post.

4.4.2 Valeurs devant être mesurées

Les recommandations générales figurant dans la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse » s'appliquent à la mesure de valeurs ainsi qu'aux données relatives à l'assurance qualité et au calibrage des appareils de mesure. Pour les valeurs mesurées en continu, il y a lieu de consigner la manière dont les données ont été enregistrées et/ou sauvegardées (p. ex. intervalles de mesure pour le calcul des valeurs moyennes). Les concentrations et les débits volumiques doivent être enregistrés simultanément.

Données / Paramètres	$EP_{CO_2,electr,y}$
Unité	t d'éq.-CO ₂
Description	Émissions de CO ₂ générées par la consommation d'électricité dans le cadre de l'activité du projet durant l'année y
Valeur	Calcul par le biais de la consommation d'électricité mesurée et du facteur d'émission du courant utilisé
Source des données	Mesure de la consommation d'électricité Application du facteur d'émission effectif de l'électricité fournie ; lorsque la valeur n'est pas connue, le facteur d'émission de CO ₂ du mix de production suisse peut être utilisé : 24,2 g d'éq.-CO ₂ /kWh (cf. communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse », annexe A3).
Fréquence de la mesure	En continu
Assurance qualité	Calibrage selon les indications du fabricant
Commentaires	-

Données / Paramètres	$EP_{CO_2,fossile,y}$
Unité	t d'éq.-CO ₂
Description	Émissions de CO ₂ générées par l'utilisation de combustibles fossiles durant l'année y
Valeur	Calcul à partir de la consommation d'agents énergétiques fossiles et du facteur d'émission correspondant
Source des données	Mesure de la consommation d'agents énergétiques fossiles Facteurs d'émission cf. communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse », annexe A3.
Fréquence de la mesure	En continu (mensuelle)
Assurance qualité	-
Commentaires	Ces émissions ont surtout une importance lorsqu'un apport de combustible est nécessaire pour l'oxydation du gaz pauvre.

Données / Paramètres	$V_{GD,y}$
Unité	Nm ³
Description	Débit volumique du gaz de décharge, mesuré avant la combustion, durant l'année y
Valeur	Mesure effectuée par le détenteur du projet
Source des données	Débitmètre volumique
Fréquence de la mesure	En continu
Assurance qualité	Calibrage et fréquence du calibrage selon les indications du fabricant

Commentaires	<p>Le débit volumique est une grandeur capitale pour la détermination des réductions d'émissions ; il est donc important qu'il soit mesuré correctement. L'appareil de mesure utilisé doit être adapté au débit volumique moyen attendu (distance sur laquelle s'effectue la mesure, point de mesure) ; ceci doit faire l'objet de contrôles externes périodiques.</p> <p>Le débit volumique doit être mesuré conformément aux prescriptions de l'outil méthodologique « Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream » http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view</p>
--------------	---

Données / Paramètres	c_{CH_4}
Unité	% volumique
Description	Teneur en méthane du gaz de décharge
Valeur	Mesure effectuée par le détenteur du projet
Source des données	Capteur de gaz
Fréquence de la mesure	En continu
Assurance qualité	Calibrage et fréquence du calibrage selon les indications du fabricant
Commentaires	<p>Cette valeur doit être mesurée conformément aux prescriptions de l'outil méthodologique « Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream ». http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view</p> <p>Les mesures doivent faire l'objet de contrôles externes périodiques.</p>

5 Preuve des réductions d'émissions dans le cas d'une aérobisation active couplée ou non à un traitement du gaz pauvre

5.1 Marges de fonctionnement du système

Sont contenus à l'intérieur des marges de fonctionnement du système la décharge, l'éventuel traitement du gaz pauvre et l'installation d'aération avec la consommation d'électricité et les émissions fossiles éventuellement libérées en l'absence de traitement du gaz pauvre ou s'il est inefficace. Les (anciennes) voies d'acheminement des déchets mis en décharge se situent en dehors des marges de fonctionnement du système. La figure 5 présente une vue d'ensemble des sources d'émissions significatives en cas d'aérobisation active ; les explications concernant les émissions des gaz à effet de serre pertinents sont données dans le tableau 2.

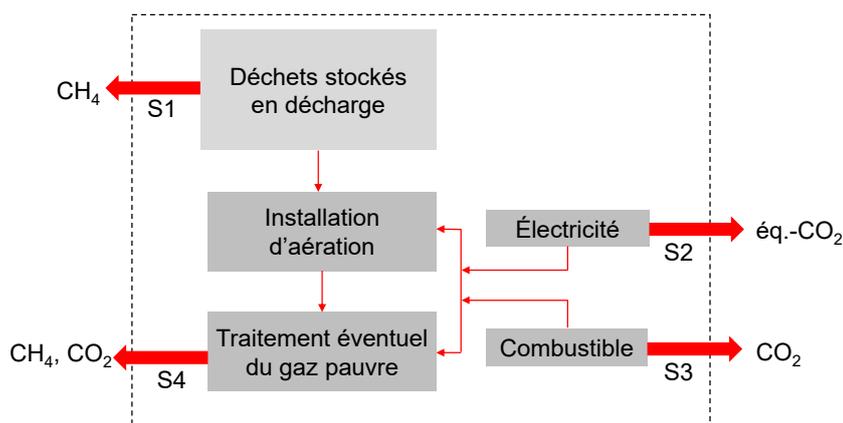


Figure 5 : Marges de fonctionnement du système et émissions significatives (flèches rouges épaisses)

Source (Q)	Gaz à effet de serre	Inclusion/Exclusion	Justification
S1 : Émissions générées par la dégradation anaérobie des déchets organiques	CH ₄	Inclusion	L'aspiration couplée au traitement du gaz pauvre entraîne une diminution des émissions directes de gaz de décharge et, partant, des émissions de CH ₄ .
	CO ₂	Exclusion	Les émissions de CO ₂ générées par la dégradation du carbone issu de la biomasse ne sont pas comprises dans l'établissement du bilan.
	N ₂ O	Exclusion	Ces émissions sont très faibles en comparaison de celles de CH ₄
S2 : Émissions générées par l'utilisation de courant électrique	éq.-CO ₂	Inclusion	Les émissions d'éq.-CO ₂ du mix de production suisse doivent être prises en compte avec un facteur d'émission de 24,2 g d'éq.-CO ₂ /kWh conformément à l'annexe A3 de la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse ».
S3 : Émissions générées par l'utilisation d'énergie fossile	CH ₄	Exclusion	Très faible
	CO ₂	Inclusion	Un apport de combustible peut éventuellement s'avérer nécessaire pour le traitement du gaz pauvre.
	N ₂ O	Exclusion	Très faible
	CH ₄	Inclusion	Oxydation incomplète du gaz de décharge aspiré

Source (Q)	Gaz à effet de serre	Inclusion/ Exclusion	Justification
S4 : Émissions liées à l'absence de traitement du gaz pauvre ou à un traitement inefficace	CO ₂	Inclusion	Bien que le CO ₂ soit issu de la biomasse, les émissions de CO ₂ générées par la combustion du méthane sont comprises dans le bilan, car seule la différence entre le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) du CH ₄ et celui du CO ₂ peut être prise en compte.
	N ₂ O	Exclusion	Très faible

Tableau 2 : Sources d'émissions de l'aérobisation active couplée à un traitement du gaz pauvre

5.2 Paramètres et méthodes de calcul

Le méthane se forme en conditions anaérobies dans les décharges. Grâce à l'aérobisation active, une quantité plus importante de carbone organique est oxydée directement en dioxyde de carbone dans le corps de la décharge, ce qui a pour effet d'éviter la formation d'émissions de méthane. La formation de méthane ainsi évitée peut également être prise en compte, dans certaines proportions, en tant que réduction d'émissions. La figure 8 (cf. 5.2.2) vise à faciliter la compréhension du calcul de cette réduction d'émissions supplémentaire obtenue grâce à l'aérobisation (« CO₂ aérobie » imputable en supplément).

La structure de la méthode standard décrite ici pour la détermination des réductions d'émissions ne suit pas le schéma usuel utilisé pour les projets comprenant une description séparée des émissions de référence et des émissions du projet. En effet, une détermination directe des réductions d'émissions imputables s'est avérée plus simple. La figure 7 concrétise cette situation.

La détermination de la réduction d'émissions imputable se subdivise en une méthode visant à estimer les réductions d'émissions ex-ante (basée exclusivement sur des modèles) et une méthode de calcul ex-post (basée sur une combinaison de mesures et de modèles).

Le choix des paramètres OX et F constitue un élément capital pour le calcul de la réduction d'émissions. Il résulte de l'arbre de décision ci-après.

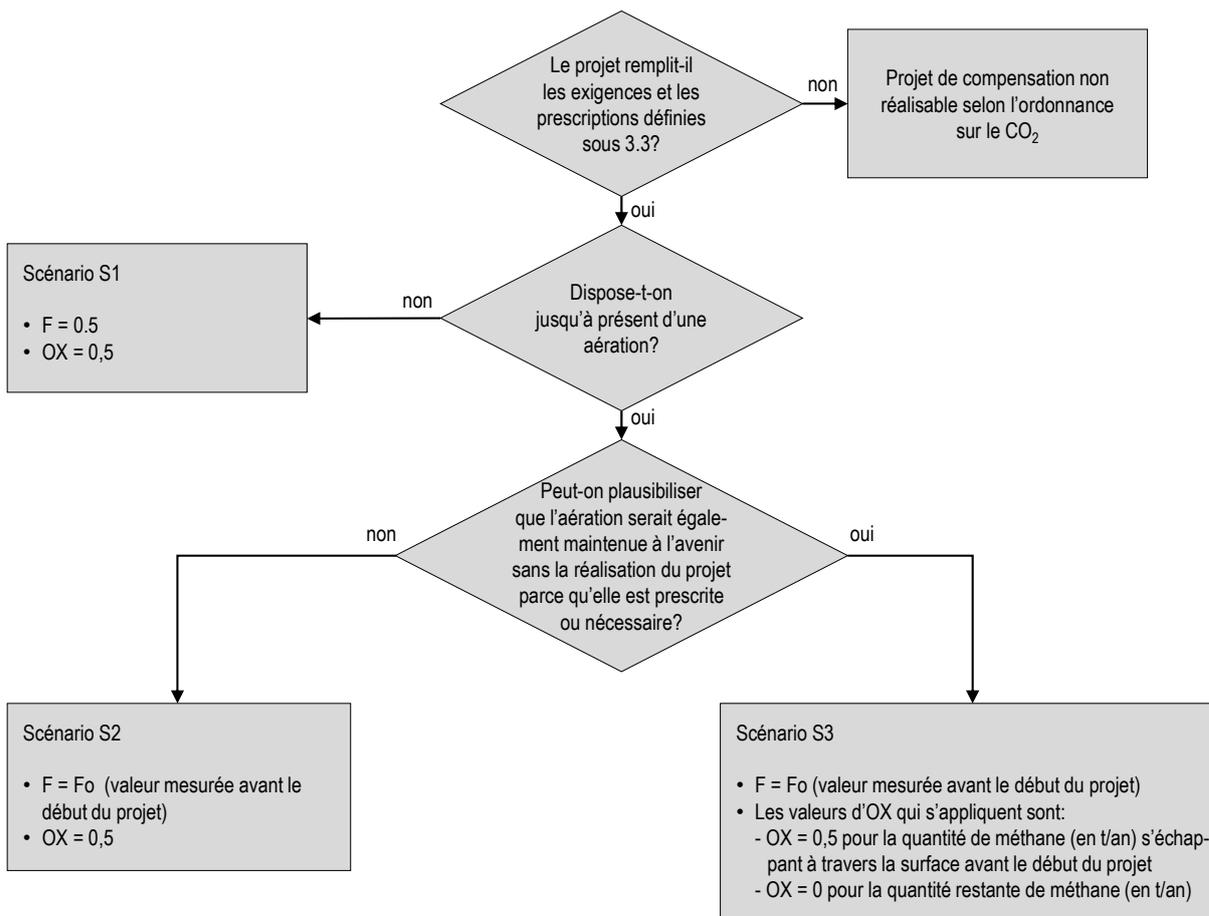


Figure 6 : Arbre de décision pour la détermination des paramètres F et OX pour une aérobisation couplée ou non à un traitement du gaz pauvre. On entend par « aération » toute aération active.

S'il existe déjà une aération (scénarios 2 et 3), il faut tenir compte du fait que cela a inévitablement un effet d'aérobisation. Le but d'une aération est une minéralisation plus rapide de la décharge ; en d'autres termes, non seulement le méthane qui s'échappe de toute façon par les puits d'évacuation de l'air est aspiré, mais de l'air entre aussi par aspiration dans le corps de la décharge, entraînant ainsi une aérobisation. Afin de tenir compte de cet effet d'aérobisation existant, F doit être mesuré avant le début du projet (valeur mesurée = F_0).

La répartition en $OX = 0,5$ et $OX = 0$ conformément au scénario 3 peut se faire de différentes façons :

- Il est possible de vérifier qu'aucune quantité significative de méthane (< 5 % de la quantité s'écoulant par l'aération) ne s'échappe à travers la surface avant le début du projet. La valeur de zéro peut alors être utilisée pour OX .
- Une quantité significative de méthane (> 5 % de la quantité s'écoulant par l'aération) s'échappe à travers la surface avant le début du projet. Cette quantité mesurée est fixée une fois pour toutes et devra être déduite chaque année des réductions d'émissions imputables selon les formules (4) et (6). On se base ici sur l'hypothèse selon laquelle tout le méthane qui s'échappait à travers la surface avant le début du projet est aspiré et détruit dans le cadre du projet. Étant donné que $OX = 0,5$ du fait que du gaz s'échappe à travers de la surface, la quantité de méthane mesurée correspond à la quantité oxydée dans la couche superficielle.
- La quantité de méthane s'échappant à travers la surface sans l'activité liée au projet ne peut pas être mesurée. $OX = 0$ peut alors être utilisé pour la charge de méthane aspirée par le biais des puits d'aération qui existaient avant le début du projet. $OX = 0,5$ doit être utilisé pour

la charge de méthane aspirée par le biais des nouveaux puits d'aération. Si cette répartition ne peut pas être effectuée, on peut admettre que, dans le cas du projet, tous les puits d'aération (existants et nouveaux) contribuent de la même manière à la quantité totale de méthane aspiré. Selon ce rapport, on utilise le facteur d'oxydation $OX = 0,5$ ou $OX = 0$ dans les formules (4) et (6).

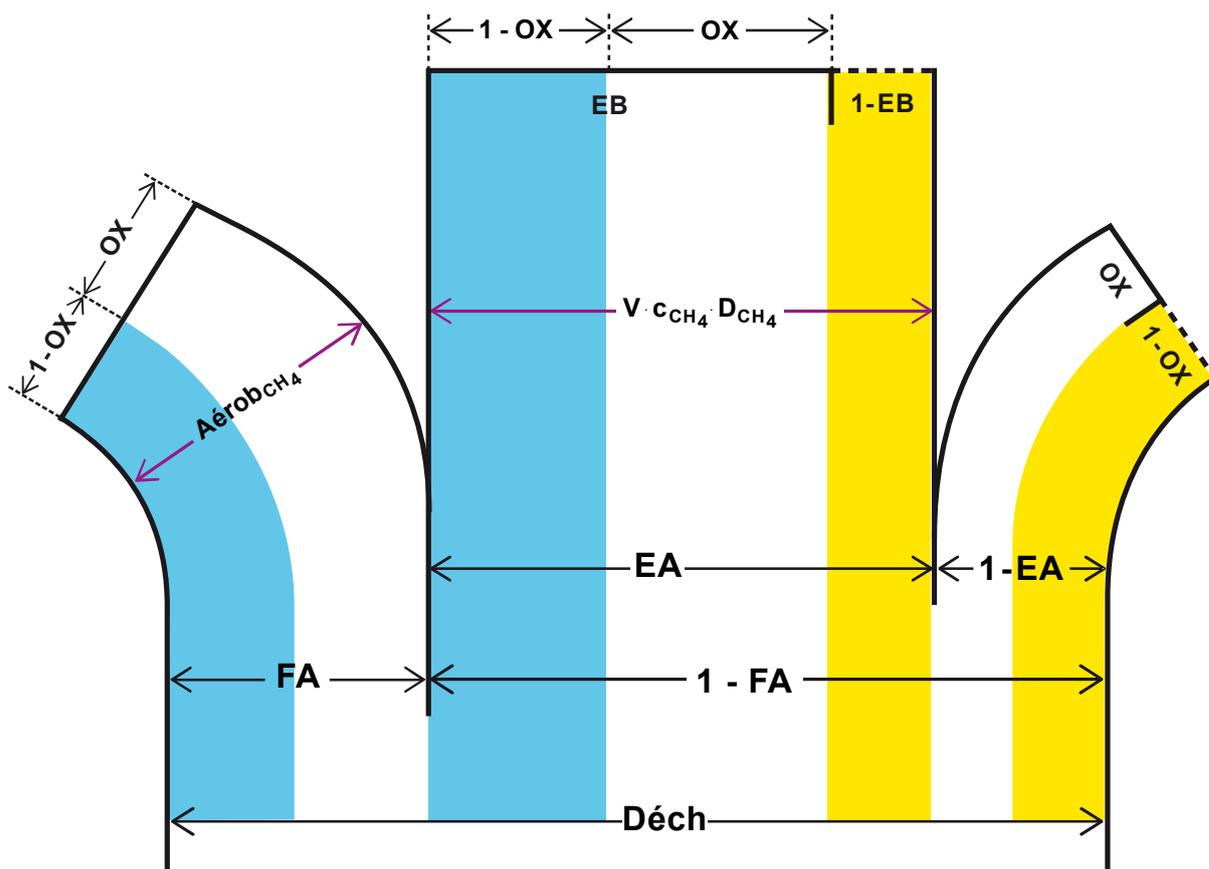


Figure 7 : Schéma explicatif de la réduction d'émissions imputable grâce à un éventuel traitement du gaz pauvre couplé à l'aérobisation active. Déch correspond à la quantité de méthane formée à partir du carbone organique dégradé en conditions anaérobies (soit à $D_{CH_4,y}$ dans les formules ci-après). Les lignes discontinues et les débits volumiques en jaune représentent les émissions de méthane libérées dans l'atmosphère. Les lignes pleines représentent la part de « Déch » qui est oxydée en dioxyde de carbone avant de s'échapper dans l'atmosphère. Cette oxydation s'effectue, pour la fraction non aérobisée et non aspirée $(1-FA) \cdot (1-EA)$, au niveau de la couche superficielle alors que, pour la fraction non aérobisée et aspirée $(1-FA) \cdot EA$, elle s'effectue par le biais de l'éventuel traitement du gaz pauvre avec une efficacité EB. S'agissant de la fraction FA, l'oxydation s'effectue grâce à l'aérobisation. Si la fraction EA n'avait pas été aspirée ou si la fraction FA n'avait pas été aérobisée, la fraction OX aurait été oxydée dans la couche superficielle, du moins dans le cas des scénarios S1 et S2 ainsi que pour une partie des quantités dans le scénario 3 de l'arbre de décision (figure 6). Par conséquent, seule la fraction $(1-OX)$ peut être imputée (en bleu sur le schéma). La quantité de méthane est déterminée ex-post par des mesures, et la quantité aérobisée à l'aide de la formule (7) (flèches violettes). Comme le montre le schéma, ces quantités ne correspondent pas à la réduction d'émissions imputable. (Les réductions d'émissions imputables sont déterminées ex-post à l'aide de la formule [4] à partir des émissions mesurées).

5.2.1 Estimation ex-ante des réductions d'émissions

Les réductions d'émissions sont estimées ex-ante de la manière suivante^{34, 35} :

$$RE_{y,aérobisation}^{ex-ante} = (1 - FA) * EA * (EB - OX) * PRP_{CH_4}^{eff} * Déch_{CH_4,y} + FA * (1 - OX) * PRP_{CH_4}^{eff} * Déch_{CH_4,y} - EP_{CO_2,électr,y} - EP_{CO_2,fossile,y} \quad (4)$$

où :

$RE_{y,aérobisation}^{ex-ante}$	Réductions d'émissions estimées en cas d'aérobisation active avec traitement du gaz pauvre durant l'année y (en t d'éq.-CO ₂)
FA	Fraction aérobisée
EA	Efficacité d'aspiration
EB	Efficacité de brûlage à la torche ; EB = 0 en l'absence de traitement du gaz pauvre
OX	Facteur d'oxydation
$Déch_{CH_4,y}$	Quantité de méthane obtenue à partir du carbone organique dégradé en conditions anaérobies durant l'année y (en t de CH ₄)
$PRP_{CH_4}^{eff}$	Potentiel de réchauffement planétaire effectif du méthane (22,25 t d'éq.-CO ₂ /t de CH ₄) ³⁶
$EP_{CO_2,électr,y}$	Émissions de CO ₂ générées par la consommation d'électricité dans le cadre de l'activité du projet durant l'année y (en t d'éq.-CO ₂) ³⁷
$EP_{CO_2,fossile,y}$	Émissions de CO ₂ générées par l'utilisation de combustibles fossiles durant l'année y ³⁸ (en t d'éq.-CO ₂)

Le premier terme de la formule (4) décrit la fraction aspirée (EA), non aérobisée (1-FA), du gaz de décharge. Le facteur (EB-OX) tient compte du fait que tant la quantité de méthane qui est détruite par l'éventuel traitement du gaz pauvre que celle qui n'est pas détruite aurait encore été oxydée en partie dans la couche superficielle (cf. les explications sous 4.2.2). Le second terme tient compte de l'aérobisation active s'effectuant directement dans la décharge. Cette quantité est encore réduite d'un facteur (1-OX).

Détermination de $Déch_{CH_4,y}$

$Déch_{CH_4,y}$ correspond à la quantité de méthane qui aurait été formée dans la décharge, durant l'année y, par dégradation du carbone organique en conditions anaérobies : comparée au modèle FOD (cf. plus bas), la dégradation est accélérée par l'aérobisation, d'où une augmentation de la

³⁴ Dans la méthode MDP, un terme (1-AF) correspondant à la proportion de méthane détruit conformément aux prescriptions de la législation, est ajouté à cet endroit (AF = *adjustment factor*). Cela n'est pas nécessaire ici dans la mesure où il n'y a soit aucune exigence concernant l'évitement de la formation d'émissions de méthane (AF = 0), ou alors l'évitement est prescrit (AF = 1). Dans ce dernier cas, le projet n'est pas admis en tant que projet de protection du climat selon 3.3 (Domaines d'application et prescriptions).

³⁵ Lorsque le gaz de décharge est utilisé à des fins énergétiques au cours du projet, il est possible de faire valoir les émissions de gaz à effet de serre évitées, par exemple si cela permet la substitution d'agents énergétiques fossiles. La preuve des réductions d'émissions correspondantes doit être apportée conformément à la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse ». Ces réductions peuvent être présentées sous la forme d'un projet séparé, ou combinées aux réductions des émissions de méthane du projet.

³⁶ $PRP_{CH_4} = 25$ selon l'annexe 1 de l'ordonnance du 30 novembre 2012 sur la réduction des émissions de CO₂ (ordonnance sur le CO₂). L'oxydation d'une tonne de CH₄ génère 2,75 tonnes de CO₂, dont le potentiel de réchauffement planétaire (par définition 2,75) doit être déduit de celui du méthane, car seule la différence peut être imputée. Cela vaut même si le carbone est issu de la biomasse.

³⁷ L'annexe A3 de la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse » fixe, pour le courant électrique (mix de production suisse), un facteur d'émission de CO₂ de 24,2 g d'éq.-CO₂/kWh.

³⁸ Ces émissions entrent notamment en ligne de compte lorsqu'un apport de combustible est nécessaire pour l'oxydation du gaz pauvre.

transformation du carbone³⁹. Cette dégradation accélérée par l'aérobisation active peut être estimée en deux étapes. Dans la première étape, la quantité de méthane formée est déterminée comme indiqué sous 4.2.2 à l'aide du modèle « First Order Decay » (FOD). Dans une deuxième étape, on tient compte du fait que le carbone organique disponible est oxydé plus rapidement de par l'aérobisation active.

Étape 1

Dans la première étape, la formation de méthane sans aérobisation active est déterminée sur la base du modèle FOD (cf. formule [2]) :

$$FOD_{CH_4,y} = \frac{16}{12} * F * DOC_f * MCF \sum_{x=AO}^y \sum_j D_{j,x} * DOC_j * e^{-k_j(y-x)} * (1 - e^{-k_j})$$

Étape 2

La détermination ex-ante de la dégradation accélérée du carbone organique est entachée d'une grande incertitude. En principe, le détenteur du projet est libre d'estimer cette valeur en se basant sur des valeurs découlant de l'expérience ; il a toutefois intérêt à ce que cette estimation soit aussi exacte que possible. Une estimation mathématique peut être effectuée à l'aide de la formule suivante :

$$Déch_{CH_4,y} = \sum_{x=(y-1)FC+1}^{y*FC} FOD_{CH_4,FOD,x} \quad (5)$$

où :

$Déch_{CH_4,y}$ Quantité de méthane générée à partir du carbone organique dégradé en conditions anaérobies durant l'année y (en t de CH₄)

FC Facteur de compression

$FOD_{CH_4,FOD,x}$ Quantité de méthane, calculée à l'aide d'une formule « First Order Decay », générée en conditions anaérobies dans la décharge durant l'année x (en t de CH₄)

La formule (5) indique que les émissions qui, sans aérobisation active, auraient été émises en « FC ans » selon le modèle FOD, sont maintenant aspirées en un an.

5.2.2 Mesure ex-post des réductions d'émissions

Les réductions d'émissions sont déterminées ex-post de la manière suivante :

$$RE_{y,aérobisation}^{ex-post} = (EB - OX) * PRP_{CH_4}^{eff} * V_{GD,y} * c_{CH_4} * D_{CH_4} + (1 - OX) * PRP_{CH_4}^{eff} * Aérob_{CH_4} - PE_{CO_2,Fossil,y} - EP_{CO_2,électr,y} \quad (6)$$

où :

$RE_{y,aérobisation}^{ex-post}$ Réductions d'émissions imputables, déterminées ex-post à partir des émissions mesurées en cas d'aérobisation active éventuellement couplée à un traitement du gaz pauvre durant l'année y (en t d'éq.-CO₂)

$Aérob_{CH_4}$ Émissions de méthane évitées grâce à l'oxydation, en conditions aérobies dans le corps de la décharge, de carbone dégradé en conditions anaérobies (en t de CH₄)⁴⁰

⁴⁰ Les experts admettent qu'il est certain qu'une partie du carbone qui ne serait pas dégradé en conditions anaérobies est dégradé par aérobisation. Les connaissances scientifiques concernant l'ampleur de cet effet sont toutefois insuffisantes pour

OX	Facteur d'oxydation
$PRP_{CH_4}^{eff}$	Potentiel de réchauffement planétaire effectif du méthane (22,25 t d'éq.-CO ₂ / t de CH ₄)
$V_{DG,y}$	Débit volumique du gaz de décharge, mesuré avant la combustion, durant l'année y (en Nm ³)
c_{CH_4}	Teneur en méthane du gaz de décharge (en % vol.)
D_{CH_4}	Densité du méthane aux conditions standard (0,0007202 t de CH ₄ /Nm ³)
EB	Efficacité de brûlage à la torche ; EB = 0 en l'absence de traitement du gaz pauvre
$EP_{CO_2, fossile,y}$	Émissions de CO ₂ générées par l'utilisation de combustibles fossiles durant l'année y ⁴¹ (en t d'éq.-CO ₂)
$PE_{CO_2, électr,y}$	Émissions de CO ₂ générées par l'utilisation d'électricité dans le cadre de l'activité du projet durant l'année y (en t d'éq.-CO ₂) ⁴²

Une hypothèse de base pour la formule étant que le rapport F_o existant avant le début de l'aérobisation reste constant, le terme correspondant à l'aérobisation ($Aérob_{CH_4}$), soit une imputation du méthane « évité », n'est admis que pour la première période de crédit de sept ans

Explications concernant l'obtention de la formule (6)

Une comparaison des formules (4) et (6) montre que

$$1. (1 - FA) * EA * Déch_{CH_4,y} = V_{GD,y} * c_{CH_4} * D_{CH_4}$$

Le premier membre de l'équation permet d'estimer ex-ante la quantité de méthane amenée à la torche ; le deuxième membre permet de mesurer directement cette quantité ex-post.

$$2. FA * Déch_{CH_4,y} = Aérob_{CH_4}$$

Le premier membre de l'équation permet d'estimer ex-ante la quantité aérobisée de manière active ; le deuxième membre permet de mesurer cette quantité ex-post.

Détermination de $Aérob_{CH_4}$

De par l'aérobisation active, le carbone est transformé en CO₂ et non en CH₄ dans le corps de la décharge. Il se forme donc plus de CO₂ et moins de CH₄ qu'en conditions anaérobies. Les émissions de méthane évitées grâce à l'aérobisation sont déterminées comme suit sur la base du rapport entre le CH₄ et le CO₂ mesurés dans le gaz aspiré.

Dans la phase anaérobie stable (également appelée phase méthanogène ou phase stable, cf. figure 1), le gaz de décharge se compose de gaz de décharge natif, soit le gaz produit par les microorganismes en conditions anaérobies dans la décharge. Pour les calculs, on admet, conformément aux prescriptions du GIEC que, dans la phase méthanogène stable, ce gaz est composé de 50 % vol. de CH₄ et de 50 % vol. de CO₂. Comme le montre la figure 1 le rapport entre le CH₄ et le CO₂ reste aussi relativement constant au début de la phase de pénétration d'air alors que,

permettre de le quantifier, raison pour laquelle il n'en est pas tenu compte dans les formules présentées ici. L'OFEV se réserve le droit d'indiquer ici un facteur pour cet effet dès que les connaissances scientifiques seront suffisamment fondées.

⁴⁰ Les experts admettent qu'il est certain qu'une partie du carbone qui ne serait pas dégradé en conditions anaérobies est dégradé par aérobisation. Les connaissances scientifiques concernant l'ampleur de cet effet sont toutefois insuffisantes pour permettre de le quantifier, raison pour laquelle il n'en est pas tenu compte dans les formules présentées ici. L'OFEV se réserve le droit d'indiquer ici un facteur pour cet effet dès que les connaissances scientifiques seront suffisamment fondées.

⁴¹ Ces émissions entrent notamment en ligne de compte lorsqu'un apport de combustible est nécessaire pour l'oxydation du gaz pauvre.

⁴² L'annexe 3 de la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse » fixe, pour l'électricité (mix de production suisse), un facteur d'émission de CO₂ de 24,2 g d'éq.-CO₂/kWh.

dans la phase de production de CO₂ et la phase aérée, le CO₂ prédomine nettement⁴³. Étant donné que de l'air est aspiré dans le corps de la décharge pendant l'aérobisation, il est possible qu'à l'entrée de la torche, le gaz de décharge ne soit pas uniquement composé de CH₄ et de CO₂, mais qu'il contienne également des composants de l'air. C'est pourquoi, lors de l'application de cette méthode, la concentration du CH₄ et du CO₂ doit être mesurée afin de déterminer la proportion des deux gaz et de pouvoir calculer les émissions de méthane évitées grâce à l'aérobisation. Si la valeur obtenue par calcul est inférieure à zéro, les émissions évitées sont égales à zéro. La démarche permettant de dériver la formule correspondante est expliquée ci-après :

$$A_{\text{éob}}_{CH_4} = \text{MAX} \left\{ V_{DG,y} * \frac{16}{12} * \left[F * \left(c_{CO_2} * \frac{12}{44} * D_{CO_2} \right) - (1 - F) * \left(c_{CH_4} * \frac{12}{16} * D_{CH_4} \right) \right] ; 0 \right\} \quad (7)$$

où :

$A_{\text{éob}}_{CH_4}$	Émissions de méthane évitées grâce à l'oxydation, en conditions aérobies dans le corps de la décharge, de carbone dégradé en conditions anaérobies (en t de CH ₄)
$V_{DG,y}$	Débit volumique du gaz de décharge, mesuré avant la combustion, durant l'année y (en Nm ³)
$\frac{16}{12}$	Quotient des masses moléculaires du CH ₄ et du C
c_{CO_2}	Concentration du dioxyde de carbone dans $V_{DG,y}$ (en % vol.)
$\frac{12}{44}$	Quotient des masses moléculaires du C et du CO ₂
D_{CO_2}	Densité du dioxyde de carbone aux conditions standard (0,001976 t CO ₂ /Nm ³)
F	Fraction de méthane dans le mélange de méthane et de dioxyde de carbone du gaz de décharge avant le début du projet ; valeur déterminée selon la figure 6
c_{CH_4}	Concentration du méthane dans $V_{DG,y}$ (en % vol.)
$\frac{12}{16}$	Quotient des masses moléculaires du C et du CH ₄
D_{CH_4}	Densité du méthane aux conditions standard (0,0007202 t de CH ₄ /Nm ³)

Explications concernant l'obtention de la formule (7)

La formule (7) est schématisée et expliquée ci-dessous. À cet effet, il est utile d'employer les notions suivantes qui sont schématisées dans la figure 8 :

- **CO₂ anaérobie (A)** est la quantité de CO₂ qui aurait également été formée en conditions anaérobies ;
- **CO₂ aérobie (B)** est la quantité de CO₂ supplémentaire formée grâce à l'aérobisation active. Elle correspond à $A_{\text{éob}}_{CH_4}$;
- **CH₄ mesuré (C)** est la quantité de méthane qui se forme malgré l'aérobisation active ;
- **CH₄ anaérobie (C₀)** est la quantité de méthane formée en conditions anaérobies avant l'aérobisation active ;
- **Gaz de décharge résiduel (D)** est la quantité de composants non carbonés qui se forment principalement de par la suraspiration.

⁴³ La valeur du GIEC appliquée dans la méthode standard pourrait ainsi être considérée comme appropriée et conservatrice dans la phase stable, alors qu'elle entraîne une légère surévaluation des réductions d'émissions dans les décharges ayant dépassé cette phase. Toutefois, l'incidence de cette surestimation est minime en raison de la faible quantité de gaz produit dans cette phase.

La quantité de méthane qui aurait été formée en conditions anaérobies se subdivise donc, de par l'aérobisation active, en CH₄ mesuré (C) et CO₂ aérobie (B).

sans aérobisation active

avec aérobisation active

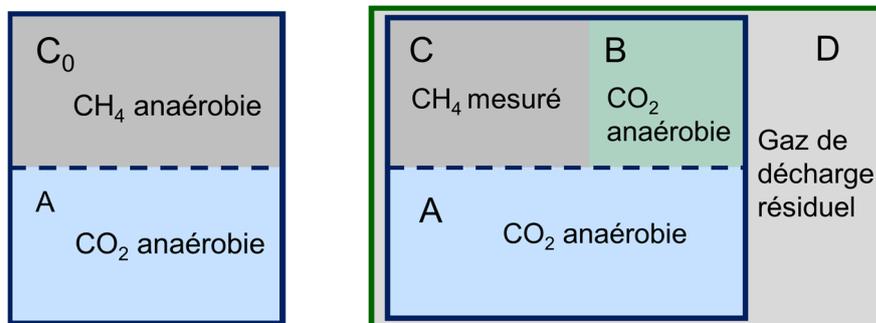


Figure 8 : Schéma des constituants du gaz de décharge sans aérobisation (à gauche) et avec aérobisation active (à droite). Dans des conditions anaérobies $B = 0$ et $F_o = \frac{C_0}{C_0+A}$. Ces notions sont expliquées dans le texte.

La figure 8 montre les constituants du gaz de décharge. L'encadré bleu représente les composants carbonés du gaz de décharge. Le cadre vert représente la quantité totale de gaz aspiré en cas d'aérobisation active, y compris les composants non carbonés tels que l'azote.

$$\text{Par définition} = \frac{\% \text{ vol.}(CH_4)}{\% \text{ vol.}(CH_4) + \% \text{ vol.}(CO_2)}$$

De par l'aérobisation active, ce rapport est déplacé dans le sens d'une augmentation du dioxyde de carbone. En d'autres termes, l'équation qui s'applique alors est :

$$F = \frac{\% \text{ vol.}(CH_4, \text{aérobisation active})}{\% \text{ vol.}(CH_4, \text{aérobisation active}) + \% \text{ vol.}(CO_2, \text{aérobisation active})} < 0,5.$$

Pour simplifier, on admet pour le calcul des réductions d'émissions imputables de par l'aérobisation active que, sans aérobisation, le rapport F_o (= valeur mesurée avant le début de l'aérobisation) serait resté constant et, par conséquent, la quantité A de CO₂ généré dans des conditions anaérobies (phase méthanogène stable) également. $F_o = \frac{C_0}{C_0+A} = \frac{C(t)+B(t)}{C(t)+B(t)+A}$ s'applique donc aussi à la concentration de méthane mesurable C(t) qui change au cours de l'aérobisation. La contribution de B(t), « CO₂ aérobie » ne peut pas être mesurée directement, mais peut être calculée à l'aide de cette formule (cf. ci-après). Le CO₂ total mesurable se compose de la somme de B(t) et de A.

La concentration mesurable de méthane, champ C = C(t), correspond au terme $c_{CH_4} * \frac{12}{16} * D_{CH_4}$ de la formule (7) et le dioxyde de carbone total, champs A+B, correspond au terme $c_{CO_2} * \frac{12}{44} * D_{CO_2}$. Le méthane « évité » imputé en supplément peut être déterminé selon la démarche suivante, à partir des concentrations de méthane et de dioxyde de carbone mesurées, ce qui est reflété dans la formule (7) :

1. on détermine A+B+C, soit la quantité totale de CO₂ et de CH₄ ;
2. cette quantité totale est multipliée par le facteur F_o afin d'obtenir B+C
(parce que $F_o = \frac{C_0}{C_0+A} = \frac{C(t)+B(t)}{C(t)+B(t)+A}$);
3. on soustrait C, soit le méthane mesuré ; donc $B = (A+B+C)*F - C$;
4. transcrit en grandeurs mesurables, cela donne
 $(c_{CO_2} * \frac{12}{44} * D_{CO_2} + c_{CH_4} * \frac{12}{16} * D_{CH_4}) * F_o - c_{CH_4} * \frac{12}{16} * D_{CH_4}$;
5. par transformation, on obtient le terme entre crochets dans la formule (7) ;
6. le facteur $V_{DG,y} * \frac{16}{12}$ permet de convertir les quantités de carbone du débit volumique en t de CH₄.

La grandeur du champ D n'a aucune importance pour l'application de la formule (7) ; en d'autres termes, la formule est aussi valable dans les cas où une proportion significative du gaz de décharge n'est pas constituée de méthane ou de dioxyde de carbone.

Une hypothèse de base pour la formule étant que le rapport F_o existant avant le début de l'aérobisation reste constant, le terme correspondant à l'aérobisation ($Aérob_{CH_4}$), soit une imputation du méthane « évité », n'est admis que pour la première période de crédit de sept ans.

5.3 Additionnalité

Pour la détermination de l'additionnalité, se référer à la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse ». D'une manière générale, il y a lieu d'apporter la preuve, à l'aide d'une analyse de rentabilité, que le projet n'est pas rentable et qu'il ne serait, par conséquent, pas mis en œuvre sans le produit de la vente des attestations. En l'absence de produit de la vente de gaz de décharge ou de méthane, ou de l'énergie qu'ils génèrent, une simple analyse des coûts montrant que la rentabilité du projet est inférieure à celle d'au moins un des scénarios alternatifs suffit.

5.4 Suivi

La liste ci-après regroupe les paramètres et les facteurs importants pour apporter la preuve des réductions d'émissions conformément à la présente méthode standard.

5.4.1 Valeurs et facteurs ne devant pas être mesurés en continu

Données / Paramètres	EB
Unité	Proportion
Description	L'efficacité de brûlage à la torche reflète la fraction de méthane effectivement brûlée lors du torchage, ou oxydée d'une manière générale lors de procédés de traitement du gaz.
Valeur	La démarche préconisée par la CCNUCC s'applique ⁴⁴ : 1. une valeur par défaut de 90 % est utilisée pour l'efficacité de combustion d'une torche fermée ; 2. les requérants peuvent utiliser les données fournies par le fabricant s'il peut être démontré qu'elles sont respectées ; 3. les requérants peuvent effectuer leurs propres mesures. EB = 0 en l'absence de traitement du gaz pauvre
Source des données	Démarche simplifiée par analogie à l'outil méthodologique MDP « Project emissions from flaring »
Fréquence de la mesure	Annuelle dans le cadre du suivi
Assurance qualité	-
Commentaires	L'efficacité de brûlage à la torche est pertinente aussi bien pour l'estimation ex-ante que pour le calcul ex-post.

⁴⁴ Étape 2 de l'outil méthodologique MDP « Project emissions from flaring » (version 02.0.0)

Données / Paramètres	OX
Unité	Proportion
Description	Le facteur d'oxydation décrit la fraction de méthane du gaz de décharge qui est oxydée, c.-à-d. transformée en dioxyde de carbone, dans la couche superficielle avant de s'échapper dans l'atmosphère.
Valeur	0 ou 0,5
Source des données	Le facteur d'oxydation diffère d'une décharge à l'autre et varie également au sein d'une même décharge, notamment en fonction de l'ancienneté de la décharge et de la saison. Dans la littérature, les valeurs vont pratiquement de 0 à 1. Selon les marges indiquées dans le rapport intitulé « Wirksamkeit von biologischen Methanoxidationsschichten auf Deponien » ⁴⁵ et de l'avis des experts, une valeur de 0,5 semble appropriée dans le contexte suisse pour les décharges non aérées. OX = 0 s'applique au méthane qui, sans la réalisation du projet, serait aspiré par des installations d'aération.
Fréquence de la mesure	-
Assurance qualité	-
Commentaires	Le facteur d'oxydation est pertinent aussi bien pour l'estimation ex-ante que pour le calcul ex-post. Il est entaché d'une incertitude et sa détermination est complexe et coûteuse, raison pour laquelle la présente méthode prescrit des valeurs fixes en fonction de la situation initiale (avec ou sans aération).

Données / Paramètres	EA
Unité	Proportion
Description	L'efficacité d'aspiration décrit la fraction de gaz de décharge captée par les puits de captage. La fraction (1-EA) n'est pas captée et s'échappe dans l'atmosphère à travers la couche superficielle, processus au cours duquel une partie du méthane est oxydé.
Valeur	Estimation faite par le détenteur du projet
Source des données	-
Fréquence de la mesure	Mesure unique pour l'estimation ex-ante
Assurance qualité	-
Commentaires	Cette valeur n'est pertinente que pour l'estimation ex-ante et doit être démontrée par le détenteur du projet sur la base des spécificités de la décharge. L'efficacité d'aspiration varie fortement en fonction du type de décharge (plate, monticule, fosse) et de la manière dont sont disposés les déchets ; elle peut grosso modo se situer entre 30 et 70 %.

⁴⁵ http://www.oekobauconsult.de/Wirksamkeit_von_biologischen_Methanoxidationsschichten_mit_Index.pdf (17.03.2014)

Données / Paramètres	$PRP_{CH_4}^{eff}$
Unité	t d'éq.-CO ₂ / t de CH ₄
Description	Potentiel de réchauffement planétaire effectif du méthane
Valeur	22,25
Source des données	$PRP_{CH_4} = 25$ selon l'annexe 1 de l'ordonnance du 30 novembre 2012 sur la réduction des émissions de CO ₂ (ordonnance sur le CO ₂). L'oxydation d'une tonne de CH ₄ génère 2,75 tonnes de CO ₂ , dont le potentiel de réchauffement planétaire (par définition 2,75) doit être soustrait de celui du méthane, car seule la différence peut être prise en compte. Ceci s'applique bien que le carbone soit issu de la biomasse.
Fréquence de la mesure	-
Assurance qualité	-
Commentaires	Pour PRP_{CH_4} , la valeur déterminante est celle qui figure dans l'ordonnance sur le CO ₂ en vigueur, même lorsqu'une autre valeur est préconisée sur la base de nouvelles connaissances scientifiques.

Données / Paramètres	D_{CO_2}
Unité	t de CO ₂ /Nm ³
Description	Densité du dioxyde de carbone aux conditions standard
Valeur	0,001976
Source des données	Special Report on CCS, Annex I : Properties of CO ₂ and carbon-based fuels http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_annex1.pdf (24.03.2014)
Fréquence de la mesure	-
Assurance qualité	-
Commentaires	La densité du dioxyde de carbone est uniquement pertinente pour le calcul ex-post.

Données / Paramètres	D_{CH_4}
Unité	t de CH ₄ /Nm ³
Description	Densité du méthane aux conditions standard
Valeur	0,0007202
Source des données	$D_{CO_2} * \frac{16.04}{44.01}$ Les masses molaires sont tirées de http://www.dguv.de/dguv/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp (24.03.2014).
Fréquence de la mesure	-
Assurance qualité	-

Commentaires	La densité du méthane est uniquement pertinente pour le calcul ex-post.
--------------	---

Données / Paramètres	FA
Unité	Proportion
Description	Une partie du carbone contenu dans les déchets n'est pas transformée en méthane, mais oxydée en dioxyde de carbone de par l'aérobisation. La fraction aérobisée correspond donc à la fraction de méthane dont la formation a été évitée grâce à l'aérobisation active. La fraction (1-FA) se forme malgré l'aérobisation active.
Valeur	Estimation par le requérant
Source des données	-
Fréquence de la mesure	Mesure unique pour l'estimation ex-ante
Assurance qualité	-
Commentaires	Cette valeur est uniquement pertinente pour l'estimation ex-ante et doit être indiquée par le requérant sur la base des spécificités de la décharge.

Données / Paramètres	FC
Unité	-
Description	Le facteur de compression correspond au nombre d'années durant lesquelles les émissions, déterminées selon le modèle FOD, sont évitées en un an grâce à l'aérobisation active.
Valeur	Estimation par le requérant
Source des données	-
Fréquence de la mesure	Mesure unique pour l'estimation ex-ante
Assurance qualité	-
Commentaires	Cette valeur est uniquement pertinente pour l'estimation ex-ante et permet d'estimer l'accélération par l'aérobisation active.

5.4.2 Valeurs devant être mesurées

Les recommandations générales figurant dans la communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse » s'appliquent à la mesure de valeurs ainsi qu'aux données relatives à l'assurance qualité et au calibrage des appareils de mesure. Pour les valeurs mesurées en continu, il y a lieu de consigner la manière dont les données ont été enregistrées et/ou sauvegardées (p. ex. les intervalles de mesure pour le calcul des valeurs moyennes). Les concentrations et les débits volumiques doivent être enregistrés simultanément.

Données / Paramètres	F
Unité	Proportion
Description	Fraction de méthane dans le mélange de méthane et de dioxyde de carbone

Valeur	Selon l'arbre de décision de la figure 6 Scénario 1 : 0,5 (valeur du GIEC pour le gaz de décharge natif) Scénarios 2 et 3 : F doit être mesuré une fois avant le début du projet (F ₀)
Source des données	Mesure réalisée par l'exploitant de la décharge, le service assurant le suivi ou un expert
Fréquence de la mesure	Mesure unique avant le début du projet (pour les scénarios 2 ou 3)
Assurance qualité	-
Commentaires	Si F ne peut pas être déterminé de manière plausible et représentative à partir des mesures du CH ₄ et du CO ₂ , il devrait être déterminé avant le début du projet dans le cadre d'une campagne de mesures. La situation au cas où le projet n'est pas réalisé devra être représentée le plus exactement possible (p. ex. débit).

Données / Paramètres	<i>EP_{CO₂,électr,y}</i>
Unité	t d'éq.-CO ₂
Description	Émissions de CO ₂ générées par la consommation d'électricité dans le cadre de l'activité du projet durant l'année y
Valeur	Calcul par le biais de la consommation d'électricité mesurée et du facteur d'émission du courant utilisé
Source des données	Mesure de la consommation d'électricité Application du facteur d'émission effectif de l'électricité fournie ; lorsque la valeur n'est pas connue, le facteur d'émission de CO ₂ du mix de production suisse peut être utilisé : 24,2 g d'éq.-CO ₂ /kWh (cf. communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse », annexe A3).
Fréquence de la mesure	En continu
Assurance qualité	Calibrage selon les indications du fabricant
Commentaires	-

Données / Paramètres	<i>EP_{CO₂,fossile,y}</i>
Unité	t d'éq.-CO ₂
Description	Émissions de CO ₂ générées par l'utilisation de combustibles fossiles durant l'année y
Valeur	Calcul à partir de la consommation d'agents énergétiques fossiles et du facteur d'émission correspondant
Source des données	Mesure de la consommation d'agents énergétiques fossiles Facteurs d'émission cf. communication « Projets et programmes de réduction des émissions réalisés en Suisse », annexe A3
Fréquence de la mesure	En continu (mensuelle)
Assurance qualité	-
Commentaires	Ces émissions ont surtout une importance lorsqu'un apport de combustible est nécessaire pour l'oxydation du gaz pauvre.

Données / Paramètres	$V_{GD,y}$
Unité	Nm ³
Description	Débit volumique du gaz de décharge, mesuré avant la combustion, durant l'année y
Valeur	Mesure effectuée par le requérant
Source des données	Débitmètre volumique
Fréquence de la mesure	En continu
Assurance qualité	Calibrage et fréquence du calibrage selon les indications du fabricant
Commentaires	<p>Le débit volumique est une grandeur capitale pour la détermination des réductions d'émissions ; il est donc important qu'il soit mesuré correctement. L'appareil de mesure utilisé doit être adapté au débit volumique moyen attendu (distance sur laquelle s'effectue la mesure, point de mesure) ; ceci doit faire l'objet de contrôles externes périodiques.</p> <p>Le débit volumique doit être mesuré conformément aux prescriptions de l'outil méthodologique « Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream » http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view</p>

Données / Paramètres	c_{CH_4}
Unité	% volumique
Description	Teneur en méthane du gaz de décharge
Valeur	Mesure effectuée par le requérant
Source des données	Capteur de gaz
Fréquence de la mesure	En continu
Assurance qualité	Calibrage et fréquence du calibrage selon les indications du fabricant
Commentaires	Cette valeur doit être mesurée conformément aux prescriptions de l'outil méthodologique « Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream ».

Données / Paramètres	c_{CO_2}
Unité	% volumique
Description	Teneur en dioxyde de carbone du gaz de décharge
Valeur	Mesure effectuée par le requérant
Source des données	Capteur de gaz
Fréquence de la mesure	En continu
Assurance qualité	Calibrage et fréquence du calibrage selon les indications du fabricant

Commentaires	Cette valeur doit être mesurée conformément aux prescriptions de l'outil méthodologique « Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream » http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view Les mesures doivent faire l'objet de contrôles externes périodiques.
--------------	--

Suivi des modifications

Date	Version	Modification
Avril 2015	2	Correction de la légende de la figure 1 Clarification des explications concernant la formule (7)